



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 90103311.1

[51]Int.Cl⁶

C23C 16/48

[45]授权公告日 1996年1月17日

[24]颁证日 95.7.22

[21]申请号 90103311.1

[22]申请日 90.6.28

[30]优先权

[32]89.6.28 [33]JP[31]166230/89

[32]89.8.14 [33]JP[31]207851/89

[73]专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都

[72]发明人 松山深照 狩谷俊光 藤岡靖
武井哲也 中川克巳 金井正博
越前裕

C23C 16/24

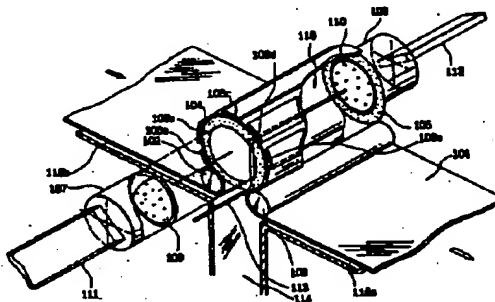
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所
代理人 冯庆琰

权利要求书 1 页 说明书 56 页 附图页数 22 页

[54]发明名称 连续形成大面积膜的微波等离子体化学
汽相淀积方法及设备

[57]摘要

微波等离子 CVD 方法用以连续地形成大面积的长的功能性淀积膜,包括:使一衬底腹板从释放机构到卷收机构在纵向连续地运动;在运动中将衬底腹板弯曲和突出形成一圆柱形部分作为膜生成腔的圆周墙;将原料气体由供气装置引入到上述膜生成腔内;同时利用微波施加器装置将微波能量辐射到上述膜生成腔内,以在上述的膜生成腔内产生微波等离子,借此在暴露在上述微波等离子中的上述连续运动的圆周墙的内墙表面上形成淀积膜。



权利要求书

1.利用微波等离子 CVD 过程连续地生成大面积的沉积膜的方法,所述的方法包括以下步骤:

使一个衬底腹板在纵向上连续地运动;

通过将上述运动中的衬底腹板弯曲和突出以形成一个圆柱状部分,作为膜生成腔的圆周墙,来建立一个基本上封闭的膜生成腔,该腔体具有一个膜生成空间,其中所述膜生成腔在该膜生成腔的相对侧面之一上提供有微波施加器装置,所述微波施加器装置包括从一个微波源伸出的一个波导;由一供气装置将生成膜的原料气体引入到上述的膜生成空间内;同时,利用微波施加器装置将微波能量辐射到上述的膜生成空间内,并且以基本上平行于上述膜生成腔圆周墙的内表面的方向引导上述微波能量,以在上述的膜生成空间内产生等离子体,使所述等离子体限制在所述膜生成空间内,借此,在暴露在上述等离子体的上述连续运动中的圆周墙的内表面上连续地生成一层淀积膜。

2.根据权利要求 1 所述的方法,其中所述的圆柱状部分形成是借助于一对传送辊,上述轮辊之间在纵向上留有所需宽度的间隙时,通过弯曲运动中的衬底腹板而形成的。

3.根据权利要求 1 所述的方法,其中所述的微波能量经过固定在该微波施加器装置上的一个微波传输部件辐射到该膜生成腔内。

4.根据权利要求 3 所述的方法,其中所述的微波传输部件密封地连接到该膜生成腔的至少一侧表面上。

5.根据权利要求 1 所述的方法,在该膜生成腔的剩下的一个侧面上为该膜生成腔提供另一个微波施加器装置,所述另一个微波施加器装置包括一个从一个微波源伸出的波导;利用所述另一个微波施加器装置,又将微波能量辐射到该膜生成空间内,同时以基本上平行于该膜生成腔圆周墙的内表面的方向引导所述微波能量。

6.根据权利要求 5 所述的方法,其中所述两个微波施加器装置通过上述膜生成腔中的膜生成空间相对设置,以使所述的两个微波施加器装置之中的一个接收不到另一个微波施加器装置辐射出的微波能量。

7.根据权利要求 2 所述的方法,其中所述的膜生成空间从隙缝抽真空。

8.根据权利要求 1 所述的方法,其中将要在其上生成膜的衬底腹板是导电性的。

9.根据权利要求 1 和 7 中任何一项所述的方法,其中所述的波导是矩形的或椭圆形的。

10.根据权利要求 5 所述的方法,其中所述的两个微波施加器装置通过上述膜生成腔中的膜生成空间相对设置,以使包含一个微波施加器装置的波导的主边或主轴的面不平行于包含另一个微波施加器装置的波导的主边或主轴的面。

11.根据权利要求 1 所述的方法,还包括控制在膜生成空间内产生的等离子体电位的步骤。

12.根据权利要求 11 所述的方法,其中控制等离子体电位的步骤是利用与衬底腹板相隔离的偏压施加装置执行的。

13.根据权利要求 12 所述的方法,其中所述的偏压施加装置放置在上述膜生成空间内,以使所述偏压施加装置的至少一部分与膜生成空间内产生的等离子体相接触。

14.根据权利要求 13 所述的方法,其中具有直流或交流的偏压加到偏压施加装置上。

15.根据权利要求 12 所述的方法,其中所述的偏压施加装置还作为进气装置。

16.根据权利要求 12 所述的方法,其中所述的偏压施加装置包括一个或多个偏置棒。

17.根据权利要求 11 所述的方法,其中控制等离子体电位的步骤是通过将偏压加到上述衬底腹板上执行的。

18.根据权利要求 17 所述的方法,其中进气装置在电气上接地,并且放置在上述膜生成空间内,以使至少部分的上述装置与膜生成空间中产生的等离子体接触。

19.根据权利要求 13 所述的方法,其中一个脉冲电压施加到偏压施加装置上。

本发明涉及一种连续形成大面积实用淀积膜的方法,它通过在一大面积上维持一基本均匀的微波等离子体引起等离子体反应,由此激活并分解一形成膜的原料气体。本发明还涉及一种实现这一方法的设备。更具体地说,本发明涉及一种连续形成大面积厚度均匀的实用淀积膜的方法,这种方法显著改进了形成膜用的原料气体的利用率,并使用微波 PCVD 方法而提高了气体分解速度,本发明还涉

及实现这种方法的设备, 本发明的方法和设备能实现低成本地大量生产大面积薄膜半导体器件, 例如光电器件。

近年来, 为了满足不断增长的对电力的需要, 发电量显著增加, 而环境污染已成为严重问题。

事实上, 对于被认为是能够代替火力发电系统并已在一些地方使用的核电系统来说, 曾发生过由于系统发生故障引起对生物包括人的放射性污染。这就使人们害怕进一步发展核电系统, 而且有些国家已禁止新建核电站。

在火电的情况下, 为满足社会日益增长的对电力的需求, 发电所用的以煤和石油为代表的矿物燃料的消耗量一直在日益增长, 这也导致火力发电的排烟量一直在增加, 因而增加了引起温室效应的气体, 例如空气中的二氧化碳气的含量。这就导致出现了地球变暖的现象。事实上, 地球的温度近年来一直在上升。为了防止所述的地球变暖现象的进一步发展, 国际能源署已建议到 2005 年将火力发电厂排放的二氧化碳量减少 20%。

与此相对照, 发展中国家的入口将会继续增长, 因而对电力的需求还会增长。此外, 随着电子设备的不断发展, 发达国家的的生活方式会更加现代化, 最终使人均消耗的电力增加。

综上所述, 现在供电问题已成为一个需要讨论的世界性课题。

在这种情况下, 公众的注意力已集中到利用太阳能电池发电的系统上, 并且就此做了各种研究, 这是因为太阳能电池发电系统具有各种优点, 它是一种清洁的发电系统, 设有上述与放射污染、地球变暖和环境污染有关的问题; 发电所需的能源阳光在地球上到处都有, 并且不存在将能源集中的问题, 发电设备容易制造并能获得相对高的发电效率。

为了使太阳能电池发电系统能提供社会所需的电量, 起码要求要用的太阳能电池具有足够高的光电转换效率, 能显示太阳能电池的特性并能大量生产。

为了提供每个家庭所需的电力, 需要能够输出 3KW 的电力, 的一个太阳能电池, 在这种情况下, 太阳能电池的光电转换效率必须达到 10%, 这就要求太阳能电池的面积为大约 30m^2 。如果要满足 100, 000 个家庭的供电需要, 就要求太阳能电池的面积为 $3, 000, 000\text{m}^2$ 。

为此, 公众的注意力已集中到一种非晶硅太阳能电池上, 这种电池是通过在一相对廉价的衬底上(例如玻璃或金属板上)引起形成膜的原料气例如硅烷气辉光放电而涂一层半导体覆膜, 例如非晶硅半导体膜而制备的。它可以大量生产, 并能以比单晶硅太阳能电池低的价格供应市场。对这种非晶硅太阳能电池, 人们已提出了各种建议。

在使用太阳能电池的发电系统的情况下, 通常使用多个单元组件串联成行来形成一个能获得所需电流或电压的单元, 对每个模件来说, 要求既没有断路也没有旁路, 还要求各模件稳定输出一均匀的电压或电流, 为了满足这些要求, 就要保证作为最重要元件的每个模件的半导体层能具有所要求的均一特性。

此外, 为了能够容易地设计模件并简化将模件组装成单元的过程, 一定要提供一种大面积的半导体膜, 这种膜要具有均匀的厚度和质量, 并能显示出均匀的半导体特性, 这样就能大量生产太阳能电池并能极大地降低生产成本。

在太阳能电池中, 作为基本构成元件的半导体层配接成一个半导体结, 如 PN 结或 PIN 结。这些半导体结可以通过层迭具有不同导电类型的半导体层来获得, 或者通过在具有同一导电类型半导体层中的一层等离子体注入或热扩散不同导电类型的掺杂物来获得。

现在将就前述非晶硅太阳能电池详细说明这种情况, 众所周知, 辉光放电被限制在一种由形成膜用的原料气体, 如硅烷气 (SiH_4) 以及一种能提供例如磷化氢 (PH_3) 或乙硼烷 (B_2H_6) 的掺杂物的原料气体构成的气体混合物中, 以形成具有所要求导电类型的半导体膜。当用这种方式在一衬底上连续形成多个分别具有不同导电类型的半导体膜时, 这些半导体膜配接成所需的半导体结。为此, 人们已提出各种各样的方案, 在各独立的形成膜用的腔中分别形成各半导体膜, 将它们层迭在一衬底上, 在相互层迭的每对膜间形成所希望的半导体结, 从而获得非晶硅太阳能电池。

例如, 美国专利 4, 400, 409 公开了一种连续等离子体 CVD 设备, 其中利用了所谓的滚制系统 (roll to roll system)。这种连续等离子体 CVD 设备包括多个 RF 辉光放电区, 一个其上要形成膜的衬底板移动通过每一区, 该专利说明书说此设备能借助于将衬底板移动通过各所述 RF 辉光放电区

而在衬底板上形成具有所需导电类型的半导体膜的方式制备具有一个或多个半导体结的元件。该说明书说,在相邻辉光放电区之间提供有一气门,以防止用于某一辉光放电区的原料气体进入另一辉光放电区。更具体地说,所述多个辉光放电区由一隔离通道相互隔开,该隔离通道装有形成清洁 Ar, H_2 等气流的装置,可以说,这种滚制等离子体 CVD 设备适于大量生产半导体器件。然而,这种设备在大量生产具有多个半导体结的半导体器件时会出现问题,由于半导体层是通过等离子体 CVD 方法利用 RF 能量形成的,这就限制了连续以高淀积速度形成这些半导体层同时使之具有各自的特性,即使形成一薄的例如约 5000\AA 的半导体层,也需要在一大面积上维持基本均匀的等离子体,然而,在这种滚制等离子 CVD 设备中,有许多关联的膜形成参数,很难统一,因此要求熟练的技术人员来操作,此外,还有一些其它未解决的问题,如形成膜用的原料气体的分解速度和利用率还不够,从而使产品不可避免地耗费大。

日本未审查专利公开说明书昭 61 (1986) -288074 公开了一种滚制膜形成设备,它包括一反应室,该室含有一柔性衬底板的中空帘状部分,它是由一释放 (Pay-out) 机构放出,由一卷收 (take-up) 机构卷收,所述反应室有一由所述中空帘状部分围起的反应空间,并装有至少一个与所述反应空间隔开的激活室,此设备所进行的膜形成是通过向反应室引入在所述激活室中形成的活性物质,如果必要,还引入其它原料气而进行的,在反应室中,在热能的作用下,它们相互发生化学反应,在位于所述反应室中的中空帘状部分的内表面上形成一淀积膜。这种滚制膜形成设备与已知设备相比的优点是结构相对紧凑,形成膜的淀积速度得到改善,这是因为使用了一种活性物质。

这种由滚制膜形成设备形成的膜是利用了借助于热能的膜形成化学反应,因此,如果要提高形成的膜的淀积速度,就不仅要增加引入反应室的活性物质的流速,而且还要增加供热量。然而,要做到这一点极为困难,因为不仅在激活室中大量生产活性物质的方式以及高速无泄漏地将活性物质引入反应室受到限制,而且向反应室均匀地大量地提供热量也受到限制。

近年来,一种利用微波辉光放电淀积的等离子体 CVD 方法,即微波离子 CVD 方法 (以后称

MW-CVD 方法) 已在工业界得到重视,因为 MW-CVD 方法有许多 RF 辉光放电淀积法所不能得到的优点,即它能提高能量密度,有效地产生等离子体,并将等离子体维持在所需的状态。

例如,美国专利说明书 4, 504, 518 和 4, 517, 223 描述了在低压条件下微波辉光放电等离子体在小面积衬底上形成薄淀积膜的过程,这两份专利说明书说明,由于在低压条件下进行此过程,任何一个过程都能以显著高的淀积速度获得高质量的淀积膜,而不仅消除了给形成的膜带来不好效应的活性物质的聚合反应,而且防止了在等离子体中形成例如聚合硅烷的粉末,然而,这两份专利都没提到在大面积上均匀淀积的问题。

美国专利 4, 729, 341 的说明书中公开了一种低压微波等离子体 CVD 方法及可实现这种方法的设备,其中,在高功率过程中,在一大面积的柱状衬底上利用一对辐射波导头淀积一光导半导体薄膜,但是,大面积膜的淀积原理仅限于用于电子照相光接收器的柱状衬底,其中所给出的教导不能直接用于大面积平面衬底,此外,膜形成过程要成批进行,一批中膜制品量有限,此说明书未教导在一大面积平面衬底上连续淀积膜。

到目前为止, MW-PCVD 方法大面积淀积膜仍存在许多要解决的问题,因为由于微波的波长短会出现微波等离子体中的微波能量不均匀。例如,有人曾试图利用一种慢微波结构提供均匀微波能量,但慢微波结构中存在一固有的问题,即耦合到等离子体中的微波的快速衰减是微波头横向距离的函数,为了解决这一问题,有人建议改变慢微波结构到要加工的衬底的间隔来使能量密度在衬底表面上沿衬底移动方向变得均匀。

例如,美国专利 3, 814, 983 和 4, 521, 717 中就有这样的建议,更具体地说,前一个美国专利指出有必要将慢微波结构相对于衬底倾斜某一角度。但是,将慢微波结构倾斜反过来又导致微波能量不能充分耦合到等离子体中。

后一专利公开了两个非平行排列但与衬底平行的慢微波结构,更具体地说,最好使两慢微波头相互成一定角度,使与微波头的中线垂直的平面相交于一直线,该直线与要加工的衬底表面平行延伸,并与衬底的移动方向成直角;为了避免两慢微波头结构上的相互影响,最好将两慢微波头沿与衬底的移动方向垂直的方向移开波导头间 $1/2$ 的距离。

为了提供等离子体的均匀性,更具体地说,为了提供能量的均匀性,已有许多种建议,例如 J.Vac.Sci.Tech (日本真空科学技术) B-4 (1986 年 1-2) 月第 126~130 页和 295~298 页上就有这样的报导,这些报导描述了一种称为微波等离子体盘源 (MPDS) 的微波反应器,等离子体处于盘状或小片状,其直径为微波频率的函数,更具体地说,这些报导描述说,等离子体盘源可随微波频率而改变;然而,对于一个设计工作于 2.45GHz 正常微波功率的微波盘源,等离子体被限定的直径是约为 10cm,体积最大为 118cm³,这远不是大面积;对于设计工作于 915MHz 低频率的系统,低频率源将提供等离子体直径约 40cm,体积约 2000cm³;在更低的频率工作,如 40MHz,微波盘源等离子体能够提高到超过 1m 的放电直径,然而,建立这样一种设备造价极高。

为了有效地利用微波提供高密度等离子体,有人提出在谐振腔周围安置电磁铁来建立电子回旋共振 (ECR) 条件,例如日本未审查专利公开说明书 昭 55 (1980) - 141729 和 昭 57 (1982) - 133636 中就提出了这样的方法,在一些学术会议上,也报告过利用高密度等离子体形成各种半导体薄膜的方法,某些能够实现这些方法的微波 ECR 等离子体 CVD 设备也已投放市场。

但是,本发明所属的这一领域的人员普遍认为,由于微波波长所引起的等离子体的非均匀性和使用磁铁控制等离子体而产生的磁场分布不均匀,技术上很难在大面积衬底上均匀形成淀积膜,为了提高微波 ECR 等离子体 CVD 设备的规格,以便进行大面积膜淀积,预先要解决许多问题,即所要用的磁铁也要增大比例,还要提供防止设备过热的装置,以及一个特殊的直流高功率调制电源等。

此外,由已知微波 ECR 等离子体 VCD 方法获得的淀积膜通常不如已知 RF 等离子体 CVD 方法获得的淀积膜的质量好,除此之外,如果用微波 ECR 等离子体 CVD 方法在一衬底上形成淀积膜,在建立 ECR 条件的空间上形成的膜和没有建立 ECR 条件的空间上形成的膜,成换句话说,在分散在磁场空间上形成的膜之间,膜的淀积速度和膜的性能有显著区别。据此,微波 ECR 等离子体 CVD 方法不适于制备性能要求优异,一致性好的半导体器件。

前述美国专利 4, 517, 223 和 4, 729, 341

描述了维持低压以提供高密度等离子体的必要性,即,为了获得高的膜淀积速度和/或高气体利用率必须使用低压。

然而,前述慢微波结构和电子回旋共振方法都不足以维持高的膜淀积速度,高气体利用率,高功率密度和低压之间的关系。

综上所述,人们不断要求解决已知微波等离子体 CVD 方法的前述问题并提供一种改进的没有上述问题的微波等离子体 CVD 过程。

人们还要以低价格提供一种性能优异,均匀性好的大面积或很长的半导体薄膜,不仅能用于太阳能电池,而且可用于半导体器件,例如 TFTS,用于接触图像传感器的光电转换器件,开关器件,图像输入线传感器件等。

本发明主要目的是消除上述已知微波等离子体 CVD 方法和设备中的问题,并提供一种改进的微波等离子体 CVD 方法和设备,它能以高的淀积速度在大面积衬底上均匀连续淀积一半导体膜,并能满足前述要求。

本发明的另一目的是提供一种改进的微波等离子体 CVD 方法和设备,它能够在大面积半导体衬底板上连续淀积高质量的半导体膜。

本发明的另一目的是提供一种改进的微波等离子体 CVD 方法和设备,它能以高的气体利用率和低成本大量生产薄膜半导体器件。

本发明的另一目的是提供一种改进的微波等离子体 CVD 方法和设备,它能在大面积和大体积上提供均匀的微波等离子体,并连续形成具有均匀厚度,稳定地显示所需特性并能用于各种半导体器件的高质量、大面积的半导体膜。

本发明的另一目的是提供一种改进的微波等离子体 CVD 方法和设备,它能连续稳定地在一个相对宽的长衬底上形成光电器件,此器件能提供一高的光电转换效率和高输出。

本发明的另一目的是提供一种能稳定而重复地在大面积和大体积上将微波等离子体电位维持在均匀状态的改进的方法和装置。

本发明的另一目的是提供一种能适当控制微波等离子体于一期望状态,以连续形成能均匀显示所期望特性的高质量半导体膜的改进的方法和装置。

本发明能实现上述目的,并包括一改进的微波等离子体 CVD 方法 (以后称 MW-PCVD 方法) 及以能实现该方法的改进的设备。

根据本发明的 MW-PCVD 方法包括：连续移动一由释放机构沿长度方向朝卷收机构释放的衬底板；通过弯曲所述移动衬底板，以在向所述卷收机构移动的路径上形成一环绕墙，建立一个筒形膜形成空间；通过气体供给装置，向所述膜形成空间引入膜形成原料气体；同时利用一微波施加装置，向所述膜形成空间辐射微波能量，该微波施加装置能沿与微波传播方向平行的方向辐射微波能量，以在所述膜形成空间中产生微波等离子体，从而在所述要暴露给所述微波等离子体的连续移动的圆周墙的内壁上形成一淀积膜。

本发明的 MW-PCVD 设备适于实现上述 MW-PCVD 方法，它包括：一基本上封闭的筒形膜形成室，该室有一将一衬底板弯曲并凸出而形成的弯曲的圆周墙，所述底板由一释放机构释放，并由一对弯曲所述底板的装置在向一卷收装置移动的路径上沿长度方向向所述卷收机构移动；一微波施加装置能在平行于微波传播方向的方向上向所述膜形成室辐射微波能量，并在所述膜形成室中产生微波等离子体；将所述膜形成腔抽真空的装置；及向所述膜形成腔引入膜形成原料气体的装置。

在本发明中，要形成膜的衬底包括一大面积的很长的衬底板，它向一释放机构连续移动并由卷收机构卷收，所述衬底板构成一膜形成空间的圆周墙，在膜形成空间中，提供有一膜形成原料气体，并在由所述移动衬底板构成的圆周墙的宽度方向上，以及与微波传播平行的方向上由一前述微波施加装置加一微波能量，从而产生微波等离子体，并将其限制在膜形成空间中，这样，就在一大面积和很长的衬底上均匀连续地形成一所希望的高质量半导体膜。

此外，在本发明中，稳定而可重复地产生所需状态的微波等离子体，所产生的微波等离子体的稳定状态被限制在膜形成空间中，这样，就显著提高了气体利用率。

根据本发明，通过改变由移动衬底板构成的弯曲部分的形状或长度，能在一大面积上均匀地连续地形成具有所期望厚度的高质量的半导体膜，所述衬底构成膜形成空间的环绕墙。

根据本发明，能够在大面积长衬底板上连续形成具有均匀厚度的高质量的膜，该膜能够稳定显示出所需特性，因而，能低成本地大量生产大面积太阳能电池。

根据本发明，由于不需悬浮放电就能连续形成高质量的半导体膜，因而能够大量生产接口性能优异的多层半导体器件。

根据本发明，可以在低压条件下形成膜，而消除在微波等离子体中形成粉末和聚合物，因而，要得到的半导体膜的缺陷大大减少，而且膜的性能和稳定性得到极大的改善，运行速度和产量都大大提高，从而能够实现大量生产具有很高光电转换率的廉价的太阳能电池。

本发明制备的太阳能电池，稳定地显示出所期望的高光电转换率，即使经过长时间的重复使用也不会降低。

图 1 是一略图，示出了根据本发明的 MW-PCVD 设备的第一实施例；

图 2 示出了根据本发明的 MW-PCVD 设备的第二实施例，它是图 1 设备的部分改进，其中增加了一个偏压施加装置；

图 3 是一截面图，示出了用于本发明的微波施加器的一个实施例；

图 4、图 5、图 6、图 7、图 8 和图 9 是示意图，分别示出了根据本发明的 MW-PCVD 设备的整体构成；

图 10 用于解释本发明中矩形波导的设置角；

图 11 是利用本发明制备的肖特基二极管的截面图；

图 12 (a) 到 12 (d) 分别是由本发明制备的 PIN 结型光电器件结构的截面图；

图 13 (a) 到 13 (j) 示出了本发明衬底板加工腔中的工作情况；

图 14 (a) 和 14 (b) 分别示出了本发明中气体隔阀装置的压力梯度；

图 15 (a) 到 15 (d) 分别示出了本发明中偏压施加装置的一个实施例；

图 16 是在本发明的实验中获得的加偏加时的电流-电压特性曲线；

图 17 是在本发明的实验中获得的等离子体势能变化率的曲线。

本发明的发明人为克服前述现有技术 MW-PCVD 方法和 MW-PCVD 设备中的各种问题并实现本发明的目的已作了认真的研究结果得知可以在要形成膜的大面积和长衬底上沿宽度方向提供均匀的微波等离子体。

在实验研究中，本发明的发明人已做出了一个

具有圆周墙的膜形成腔，圆周墙由一板部件构成，该部件在一释放机构和一卷收机构间纵向移动，即，使一个 SUS430BA（不锈钢）板形部件卷在释放机构上，此板形部件由释放机构释放，纵向朝卷收机构移动并被卷收机构卷收。

在从释放机构向卷收机构移动的路径上，板形部件被弯曲，凸出一柱状部分，以便形成一由所述弯曲板状部件的柱状部分作为圆周墙而围成的筒形腔。这是利用一第一支撑传送辊，该辊也使板形部件在释放机构一侧弯曲，一对旋转盘，每一个都能支撑弯曲的板形部件的一侧端并传送所述板形部件，以及一个第二支撑传送辊，它也在卷收机构的旁边，用于使板形部件弯曲，在柱形腔中提供有一对微波施加装置，它们位于筒形腔的柱形空间的相对两端。每一微波施加装置都设计成能与微波传播平行的方向上辐射微波能量。而后，将膜形成原料气体引入柱形腔的筒形空间，筒形空间的内部通过前述两辊间的间隙被抽真空，并被维持在预定的真空状态。结果发现在构成筒形圆周墙的板状部件的宽度方向上，提供了均匀的微波等离子体。

通过进一步研究，本发明的发明人还获得了进一步的发现。

在上述情况下，一偏压施加装置向筒形空间中加一预定偏压，结果发现不仅能提供均匀的微波等离子体，而且能完全控制等离子体的势能。

本发明即是基于这些发现而进一步研究的结果。

如前所述，本发明包括一种改进的在大面积长衬底上连续形成半导体淀积膜的 MW-PCVD 方法和能实现该方法的改进的 MW-PCVD 设备。

本发明的 MW-PCVD 方法的第一实施例，包括由一释放机构释放的一衬底板沿长度方向连续移动并由卷收机构卷收；将所述移动衬底板弯曲并凸出，以在从所述释放机构向所述卷收机构移动的路径上形成一圆周墙构成的筒形部分，从而建立一基本封闭的膜形成腔；通过一送气装置将膜形成原料气体引入所述膜形成腔；与此同时，利用一微波施加装置向所述腔中辐射微波能源，该微波施加装置能沿与微波传播方向平行的方向辐射微波能量。以在所述膜形成腔中产生微波等离子体，从而在暴露给所述微波等离子体的连续移动的圆周墙的内壁上形成淀积膜。

在本发明的 MW-PCVD 方法中，在弯曲并使

移动的衬底板凸出以形成柱形部分时，使用了一第一弯曲装置和第二弯曲装置，也就是说，移动的衬底板在释放机构旁支撑着朝上移动中，被第一弯曲装置弯曲，在所述卷收机构旁被支撑着朝所述卷收机构移动中被第二弯曲装置再次弯曲，以建立一凸出的筒形部分，作为膜形成腔的圆周墙，并在由第一弯曲装置弯曲第一弯曲部分和由第二弯曲装置弯曲的第二弯曲部分间留一空间，筒形部分的两端分别被支撑在旋转盘上，以便使筒形部分形成并维持在一所期望的形状，从而保持一具有筒形膜形成空间的所期望的筒形腔。

如此建立的筒形腔至少装有一个微波施加装置。它与筒形腔通过其侧面部分连接，把微波能量辐射入膜形成空间，在这种情况下最佳实施例中，微波施加装置至少与筒形腔两个侧面的一个侧面垂直连接，使微波能量与圆周墙平行地辐射到筒形腔中。向膜形成空间辐射微波能量，是通过装有微波施加装置顶部的微波透射部件进行的。在下一最佳实施例中，微波透射部件也作为筒形腔的侧壁，气密地封在膜形成空间。当所述微波施加装置与筒形腔的两侧壁都连接时，它们被安置在膜形成空间的相对两端。在这种情况下，有一点很重要，即两微波施加装置排列必须使一个发出的微波能量不被另一个所接收。在任何情况下，筒形腔要做成使微波施加装置辐射到膜形成空间的微波能量不泄漏出去。

膜形成空间的抽真空是由一个前面所述的抽空装置来进行抽空的。

对于在本发明的 MW-PCVD 方法中使用的形成膜衬底板，最好是采用一种导电衬底板或者其它对其成膜表面进行了导电性处理的衬底板。

本发明的 MW-PCVD 过程的第二实施例，是上述第一实施例进一步包括控制在膜形成空间生成的微波等离子体电位的步骤，最好是按膜形成情况，通过一个偏压加载装置对膜形成空间加一 DC、AC 偏压，或加脉冲电流（以下称 PC）偏压。该偏压加载装置被提供给筒形腔体，使其至少一部分与膜形空间产生的微波等离子体相接触。

所述的偏压施加装置与微波等离子体相接触的部分，最好经过导电性处理。

有可能使偏压施加装置同时起到一个膜形成原材料气体引入装置的作用。

偏压施加装置可以是一个偏置棒或者是一组偏

置棒。

进一步,在本发明的 MW-PCVD 过程中,在膜形成空间中产生的微波等离子体的电位,可以用加在构成圆筒形腔体圆周墙的衬底板的一个偏置电压来控制。在这种情况下,在膜形成空间内装入一个气体导入装置,例如一根进气管,并使之接地,这样至少其一部分与膜形成腔体产生的微波等离子体相接触。

如上所述,本发明还提供了一种适用于对上述 MW-PCVD 过程进行实施的 MW-PCVD 装置。

本发明的 MW-PCVD 装置的第一实施例包括:至少一个实际是封闭筒形的膜形成腔体,它带有一个卷成的圆周墙,这一圆周墙是衬底板在从一个释放机构向一个卷收机构运动的途中,经过卷起和撑开形成的,由一对滚筒卷压所述衬底板,所述滚筒对相互平行地安置并在它们之间的纵向留有一个预定的空隙:至少一个与所述膜形成腔体两个侧表面中至少一个表面相连接的微波施加装置,它可以沿微波传播的平行方向把微波能量辐射到膜形成腔体中并在所述腔体中产生微波等离子;把膜形成原料气体引导到所述膜形成腔体内的装置;使所述衬底板加热或冷却装置。

MW-PCVD 装置的第二实施例是上述第一装置实施例进一步包括对膜形成腔体加入一个偏置实施例。

在本发明的 MW-PCVD 装置中,所述用于压卷衬底板的滚筒对包括一个第一压卷滚筒和一个第二压卷滚筒。由释放机构送出的并通过卷收机构的转动纵向地向卷收机构移动的衬底板由第一滚筒压卷和撑起并在释放机构一边向上移,再由第二滚筒卷动并向着卷收机构移动,从而产生一个突起的圆筒部分成为膜形成腔体的圆周墙,同时在由第一滚筒产生的第一卷起部分与由第二滚筒产生的第二卷起部分之间留有一个预定的间隙。卷起和撑成的圆筒形部分的两个开口侧各有一个转动环,这样圆筒部分的每个侧端都压在各自己的转动环上,使圆筒部分形成并保持一种理想形状,成为具有一个膜形成空间的圆筒形膜形成腔体。微波施加器装置通过侧面连接到圆筒膜形成腔体,使微波能量平行于筒形膜形成腔体圆周墙辐射到膜形成空间中。微波释放器装置包括一个由介电材料制成的微波透射窗和一个与所述微波透射窗相连接的矩形或椭圆形的波导,所述波导是从一个微波源处伸出的。这样,微

波释放器装置就通过其微波透射窗口连接到圆筒形膜形成腔体的侧面。使微波透射窗口又起到一个圆筒形膜形成腔体的侧壁的作用,从而严密地封闭了所述腔体。根据这一方法,圆筒形膜形成腔体的每一个侧面都可用来设置上述的微波施加器装置,在这种情况下,微波施加器装置对中的每一个都有一个如前所述的选自由一个矩形波导和椭圆形波导构成的波导组的、并从一个微波源伸出的波导。这对微波施加器装置必须通过膜形成腔体的膜形成空间相对安置,从而与一个微波施加器装置相连接的波导的设置角不会与连接另一个微波施加器装置的波导的设置角相一致。

特别是,一个波导的含主边缘的表面、含主轴的表面或分别含主边缘与主轴的表面必须设计得不平行于另一波导的含主边缘的表面、含主轴的表面或分别含所述主边缘和主轴的表面。

一个进一步必须考虑的情况是,波导对是这样安置的;它使含上述边缘和/或主轴的表面与含上述压卷滚筒的两个中心轴的表面之间形成的夹角不会导致垂直关系。

对筒形膜形成腔体提供抽空装置,通过上述滚筒对之间的空隙来抽空膜形成空间。

在本发明的第二装置实施例中,偏压施加装置提供给筒形膜形成腔体,使至少其一部分与形成膜空间中产生的微波等离子相接触。所述的与微波等离子相接触的偏压施加装置最好经过导电性处理。偏置电压施加装置可以是一个能加 DC、AC 或 PC 偏压的装置。偏压施加装置可以设计得能同时起到把一个膜形成原材料气体导入膜形成空间的作用。

偏压施加装置可以是一根单棒或一组偏置棒。

一种选择方案是,可以在膜形成腔体安装一个带有一根或多根进气管的导气装置,使其电接地,其中偏压加在构成膜形成腔体圆周墙的衬底板上。

下面将就为得到本发明的目的,本发明人所做的试验进行解释。

下列试验旨在找到能大面积地均匀提供微波等离子体的最佳条件,以形成理想的大面积半导体膜。

试验 1、

在本试验中,按照以后将说明的生产例 1 的步骤,研究了由于使用“装置实施例 2”的 MV-PCVD 装置(以后将描述)的一对波导

111, 112 之间设置角的一个偏差, 产生的微波等离子体的稳定性以及微波从膜形成腔中泄漏的问题。

图 10 为关于一对矩形波导被触发的角度的图示说明。图 10 中, 用实线表示的矩形波导 111 和用虚线表示的矩形波导 112 连接对应的微波施加器 (未示出), 它设在带有一个膜形成空间 116 的膜形成腔体的侧面, 其中两个微波施加器通过膜形成空间相对放置。例如, 在图 10 中, 矩形波导 111 位于前面, 而矩形波导 112 位于后面。标志“0”代表卷起形状 (即包括膜形成腔的移动的衬底板 101 的圆周墙) 的中心位置。线 A-A' 代表包含一对卷动滚筒 102 和 103 间的一根中心轴的面。线 H-H' 代表与所述 A-A' 面垂直的面。由一个平行于含矩形波导主边缘面的平面 B-B' 与平面 H-H' 构成的夹角为 θ_1 。这一角 θ_1 被认为是矩形波导 111 的触发角。由一个平行于含矩形波导 112 的主边缘面的平面 C-C' 与平面 H-H' 构成的夹角为 θ_2 。这个角 θ_2 被认为是矩形波导 112 的设置角。在角 θ_1 和 θ_2 都超过 180° 的情况下, 矩形波导 111 和 112 是与角度小于 180° 的情况的平面 H-H' 对称的。因而它们的配置关系就与角度小于 180° 的情况是相同的。

类似地, 当角 θ_1 和 θ_2 相互替换时, 其配置关系不变。

在此, 由滚筒 102 卷起来的衬底板部分和由滚筒 103 卷绕起来的衬底板部分之间的距离被设定为空隙 L。

放电是在表 1 所示的条件下进行的, 并如表 2 所示改变 θ_1 和 θ_2 以检查微波等离子体产生的稳定性及微波泄漏情况。

微波泄漏的检查是由一个置于上述两个滚筒 102 和 103 间的空隙前 5cm 左右的微波探测器来探测的。

得到的评估结果如表 2 所示。根据表 2 所示, 得出以下结论。(表 2 见文后)

即, 膜形成空间中产生微波等离子体的稳定性及微波向膜形成腔体外泄漏的情况, 根据对照矩形波导设置的微波施加器角度的不同有很大的变化。更具体地, 当角 θ_1 或 θ_2 为 0° 的情况下微波的泄漏量最大并且放电的状态极不稳定。在角 θ_1 或 θ_2 约为 15° 的情况下, 虽然微波泄漏量相对很小, 但放电状态仍很不稳定。在角 θ_1 或 θ_2 大于 30° 的

情况下, 微波不再泄漏并产生了稳定的放电。但是, 当由角 θ_1 或 θ_2 形成的角度为 180° 或 0° 时, 即两个分别含矩形波导的一个主边缘的平面相互平行时, 由于反常振荡需使微波能源噪声变大, 引起放电不稳定并有一定量的微波泄漏。

在衬底板不动的情况下进行了放电试验, 又在衬底板以 1.2m/分 的速度传送的情况下进行放电试验, 结果发现两种情况下的放电稳定性没有明显区别。

通过改变膜形成原料气体种类、改变膜形成原料气体的流速、改变所加的微波能量强度、改变所加的偏置电压、改变卷成的圆筒腔体的内直径、改变膜形成空间的内压来进行上述实验。然而, 结果发现这些情况下的放电稳定性及微波泄漏量均没有显著区别。

试验 2

在本试验中, 通过改变图 10 中的空隙 L, 来研究使用与试验 1 相同的 MW-PCVD 装置时, 微波等离子体生成的稳定性及生成的膜的厚度分布。

间隙 L 按表 3 所示改变。在表 1 所示的每一种条件情况下, 进行 10 分钟放电, 不同的是膜形成腔体内部压力变化到表 3 所示情形以及 θ_1 和 θ_2 角为 45° 应当注意, 所述内部压力并不是由抽空装置有目的地调整的, 而是由于增大空隙 L 提高了电导而产生的。

在任何一种情况下, 都启动温度控制机构 106a 至 106c (图 1) 使衬底板 101 在膜形成空间一侧的温度控制在约 250° 左右, 且衬底板 101 以 35m/分的传送速度移动。

放电状态是由目测进行评估的。膜的厚度分布是通过用膜厚计来测量选定的宽度方向的 10 个位置以及纵向的间隔 20cm 的各位置处的膜的厚度进行评估的。评估的结果如表 3 所示。(表 3 见文后)

根据本试验得到的结果, 得出下述结论, 即

(i) 膜形成腔体内部压力可以通过改变空隙 L 来改变, 而不用调节抽空装置, 从而引起生成膜的厚度明显改变, 特别是位于形成膜腔体的膜形成空间的衬底板在其宽度方向的厚度分布变化; (ii) 即使在矩形波导被设置在试验 1 给出的不产生微波泄漏的角度情况下, 当空隙 L 变得相当大时, 也会产生微波漏出; (iii) 当空隙 L 被理想地调节到小于 $1/4$ 微波波长或更理想地调到小于 $1/4$ 微波波长

时,从空隙泄漏出的微波量可望保持很小。

还发现,只要衬底板持续地以一个固定的传送速度移动,衬底板上纵向膜的厚度分布可保持在一理想状态。

如表3所示,在本试验中获得的具有良好的评估结论的淀积膜的第3号至第5号样本中,4号样本在所有评估项中有最令人满意的结果,其淀积速率约为 $100\text{\AA}/\text{秒}$ 。另外,根据淀积在衬底板上膜的量与送入膜形成腔体内的膜形成原料气体量之比计算出的气体利用率为55%。

进一步还发现,在放电条件中改变微波强度、改变偏压、改变圆筒(成膜腔体)结构的内部直径等会使膜的厚度分布和放电稳定性产生微小的变化,但不会影响解决空隙L的大小引起的实质性问题。

试验3

在本试验中,用与试验1中相同的方式来研究改变卷筒结构(膜形成腔体)的内部直径等的情况下,微波等离子体产生的稳定性及生成膜的厚度分布。

膜形成腔体的内部直径的改变如表4所列。放电是根据表1所示条件下进行的,其中角 θ_1 和 θ_2 的设置都是 45° 。在每一种情况下,进行10分钟放电,同时使成膜空间处的衬底板的表面温度保持在 250°C 并使衬底板以 $35\text{cm}/\text{分}$ 的传送速度移动。

放电状态是根据目视结果进行评估的。膜的厚度是根据用膜厚计来测量宽度方向选定的10个位置和纵向间隔 20cm 选的各位置的膜的厚度来进行评估的。

得到的评估结果如表4所示。(表4见文后)

根据本试验所得到的结果,可以发现如下事实:即(i)当膜形成的腔体内直径改变而保持膜生成的其它放电条件不变时,放电状态会相应地改变,从而引起淀积在所述板的膜在其衬底板的宽度方向上发生显著的变化;(ii)只要所述膜以恒定传送速度移动,所述膜的纵向厚度分布是令人满意的;以及(iii)除其它因素外,诸如微波强度、偏置电压、膜形成空间的压力等的放电参数的变化,会影响生成的膜的厚度分布,并也会影响放电的稳定性。

试验4

在本试验中,用与试验1中相同的方式来研究

当使膜形成空间的压力保持在一个预定值时,如果改变送入的膜形成原料气体的流速和改变所加的微波能量强度,产生的微波等离子体的稳定性如何变化。

膜形成空间的压力及膜形成原料气体流速按表5所示进行改变。放电是在表1所示的条件下进行的,其中角 θ_1 及 θ_2 的设置角为 60° 。

所得到的评价结果如表5所示。表5中,标志“○”表示放电保持稳定的情况;标志“○”表示放电中有微小的不平衡情况,但这时的放电情况保持在一个理想的可接受状态;标志“△”表示放电中产生了显著的不平衡性,但放电情况保持在一个实际可接受的状态。

根据所得到的结果,可发现下述事实。即(i)当加到膜形成空间的微波能量减小时,膜形成空间的压力减小,或者说 H_2 气体(作为一种膜形成原料气体)的流速减小,放电变得不稳定或者有时会不产生放电;及(ii)另一方面,当微波能量的强度提高时,所述压力上升,或者 SiH_4 气体(作为膜形成原料气体)的流速上升、产生稳定的理想的放电。

进一步,这个放电试验还在衬底不动的情况以及衬底板以 $1.2\text{m}/\text{分}$ 的速度移动的情况下进行。结果是,这两种情况之间没有显著的差别。

试验5

在本试验中,研究当以与试验1同样的方式来改变衬底板的宽度时,产生微波等离子体的稳定性和生成的膜厚度分布。

衬底板宽度按表6所示改变。对于矩形波导,采用EIAJ,WR1-32型矩形波导而不用EIAJ,WR1-26型的。角 θ_1 和 θ_2 的触发角均为 60° 其余的放电条件如表1所示。在每一种情况下,进行10分钟放电,这时位于膜形成腔体中的衬底板的表面温度控制在 250°C 并使衬底板以 $50\text{cm}/\text{分}$ 的传送速度移动。

在制备表6所示的第15至第17号的各样本情况中,只用一个施加器。

得到的关于放电状态以及膜的厚度分布的评估结果如表6所示。(表6所示)

根据本试验所得到的结果,可发现如下事实,即

(i)当衬底板的宽度改变时,引起产生微波等离子体的稳定性变化并引起衬底板上膜的厚度分布的变化;(ii)当只从膜形成腔体的一侧向成膜空间

施加微波能量时,微波等离子体的产生很不稳定;及(iii)当从膜形成腔体的两侧向膜形成空间施加微波能量时,上述情况(ii)中引出的问题消失。

作为进一步的研究结果,可以发现改变诸如送入的膜形成原料种类、其流速、加的微波能量的强度、偏置电压、膜形成空间的压力等一些放电参数,对微波等离子体生成的稳定性以及膜的厚度分布会产生一定的影响。

试验 6

在本试验中,通过采用具有图 5 所示构造的 MW-PCVD 装置(后面将在“装置实施例 22”中进行描述)、通过在隔绝容器 500(见图 5)中引入一个具有图 15 所示构造的偏压施加装置,来研究当在一个 SUS430BA 衬底板上进行膜生成并当所加的偏置电压改加在一个镍质偏压施加管 1503(该管还可用来作为进气管,见图 15(a))上时,产生微波等离子体的可控制性和对微波等离子体电位的影响以及生成的膜的质量。

DC 偏压在 -300V 到 $+300\text{V}$ 的范围内以 10V 的间隔改变。角 θ_1 和 θ_2 的设置角为 45° 。对每一种情况,放电在表 7 所示条件下进行 10 分钟,其中位于膜形成空间的衬底板表面的温度控制在 250°C ,衬底板以 $60\text{cm}/\text{分}$ 的传送速度移动。(表 7 见文后)

首先可用普通方法来观察偏压施加管与衬底板间的电流-电压特性。

作为结果,我们得到图 16 中所示图表。图 16 中,Z 轴表示施加的偏压值,Y 轴为产生的偏流值。

然后,按照探针测试方法,使用一根带有直径 0.3mm 长 3mm (暴露部分)的钨丝的探针,测出施加偏压后等离子体电位 V_b ,从而得到等离子体电位相对于其未加偏压时电位 V_0 的变化率 ΔV_b ($=V_b/V_0$),所得到的结果综合起来由图 17 中的图表示出。所述探针置于靠近膜形成空间的中央位置处,它离带有移动的衬底板的圆周墙的内壁表面有约 5cm 的距离。

根据本试验得到的试验结果发现以下事实。即(i)尽管使用的放电原料气体种类及其流速会产生一定的变化,但当偏压小于 -200V 或大于 200V 时,膜形成空间中会引起放电异常(如产生火花)并且难以使放电保持在一个稳定的状态;(ii)然而,当使放电条件固定,随着偏压的增大,电流一

电压特性表现出线性增大关系,等离子体的电位也表现出线性增大的关系;(iii)通过适当地改变所加的偏压值有可能稳定地和重复地使等离子体电位控制在一个理想状态。

从含有淀积膜的衬底板切下几块尺寸为 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的试验样本,用超高分辨率低加速的 FE-SEM(S-900 型的 FE-SEM,日立公司产品)对它们表面状态进行观测。结果发现以下事实。即,对于所加偏压的范围为 -300V 到 $+10\text{V}$ 条件下生成的膜,可发现几百乃至几千埃(\AA)的明显的表面粗糙;对于所加偏压范围为 10V 到 180V 条件下生成的膜,可以发现随着所加的偏压值的增大,其表面光洁度呈改善趋势;对于所加偏压超过 180V 条件下生成的膜,随着偏压值的增大,膜表面呈现变糙和粗糙度加大的趋势;对于所加偏压超过 200V 条件下生成的膜,会伴随着出现针孔并且在其生成过程中经常出现异常的放电情况。

另外还发现下述事实,即,当所加的微波能量强度在某一预定值保持不变时,如果带有一个较大的电离截面的原料气体(如 SiH_4)的流速增加,则电流-电压特性的倾角变大,但如果带有一个较小的电离截面的原料气体(如 H_2 气体)的流速增加,所述倾角变小。

比较试验 1

在此比较试验中,重复试验 6 的过程,但将原来的镍质的偏压施加管 1503 替换成一个新的铝质偏压施加管,该管还可起进气管的作用。

用与试验 6 中相同的方式观察其电流-电压特征。然而,当偏压从 0 伏加到 $+60$ 伏时,铝的偏压施加管开始是变形最终熔断。类似地分别用了铜和黄铜做成偏压施加管,都出现了上述问题。

进一步,分别提供了一些高熔点金属材料如不锈钢、钛、钒、钽、钼、及钨制成的偏压施加管以及铝土陶瓷材料制的偏压施加管。用上述的每一种材料的偏压施加管重复试验 6 的步骤。结果发现在使用不锈钢制成的偏压施加管的情况下,管子在偏压加到超过 $+120\text{V}$ 开始变形并最终熔断。

对于其余的偏压施加管的情况,测量结果类似试验 6 得到的结果,每种情况得到的结果都没有上面所述问题。

比较试验 2

重复试验 6 的过程,但是采用 0.8mm 厚的聚对苯二甲酸乙酯(PET)作衬底板而不用

SUS430BA 薄板, 进而观察电流-电压特征。结果发现无论偏压加在正侧还是负侧流过的电流值都与试验 6 所得的结果相似, 但放电开始异常的电压约为-100V 或+100V。通过目测观察其状态, 得到以下事实, 即, 在偏压施加管与衬底板压卷滚筒之间产生了火花; 这是由一种称之为充电 (Charge up) 现象引起的, 这不仅是因为绝缘的衬底板而且因为流入所述的导电滚筒的电流过大。

另外, 用与试验 6 中相同的方式来观察大量生成在上述绝缘衬底板上的模样本的表面状态。结果发现, 所有样本都有几百埃到几千埃 (Å) 的明显粗糙, 而与加在膜生成过程中偏压的变化无关。

比较试验 3

重复试验 6 的过程, 但偏压施加管 1503 在膜形成空间 116 的位置安排 (见图 10) 分别改在 H-H' 方向、O-H 方向、O-C 方向及 O-H' 方向, 距离 "O" 点 30mm、60mm 和 90mm 处。

在每一种情况下观察电流-电压的特性。

对于 O-H' 方向, 观察 120mm 和 150mm 的情况, 方法与上面所述的相同。

结果, 在 O-H'、O-H、O-C 和 O-C' 方向上的 30mm 和 60mm 处所得到的结果与试验 6 中得到的类似。在所述方向上的 90mm 处, 尽管放电开始出现异常的电压有所不同, 但除此以外所得的结果与试验 6 所得的结果相似。另一方面, 对所有 O-H' 方向的 120mm 和 150mm 处的情况, 膜形成原料气体未能分送入膜形成空间, 因此等离子体产生得不稳。同时加偏压时没有出现偏流, 并且不可能控制等离子体的电位。

试验 7

本试验中采用与试验 6 中相同的 MW-PCVD 装置来研究当通过偏压施加管 1503 加一个如表 8 所示波形和频率的偏压时, 产生微波等离子体的可控制性以及其对等离子体和生成的膜的质量所提供的。为了完成微波等离子体的放电从而在膜形成空间的衬底板上生成淀积膜, 这里采用了与试验 6 中所用的条件相同的条件。

作为加入的偏压, 可以通过一同轴电缆在偏压施加管 1503 上加入经过将 HP8116A (Hewlett-Packard 公司产品) 函数生成件提供的众多波形输出进行放大得到电压信号、经过一高精度功率放大器放大得到电压信号、或整流电路装置输出的电压信号。

评价放电状态、等离子体电位的变化率和等离子体电位可控制性。得到的结果如表 8 所示。(表 8 见文后)

从这些结果发现, 在一个相对较宽的频带上, 加某一频率的偏压会有明显的效果。

还有, 改变最大的振幅电压 (V_{p-p}) 的结果与试验 6 中发现的趋势相似, 在试验 6 中改变的是 DV 电压。同时经常出现诸如起火花这样的异常放电主要是因为增加了最大振幅电压 (V_{p-p})。

通过这些试验结果, 得到以下事实, 即, 除了 DC 偏压外, 各种偏压均可用来控制膜形成空间生成的等离子体的电位。只要适当改变电压, 通过在偏压施加管上加上这样的偏压就可以很容易地、稳定地和重复地控制等离子体的电位。

试验 8

重复试验 6 的步骤, 但试验 6 中用的偏压施加装置替换成图 15 (b) 所示的装置。该装置有一个独立地提供在膜形成腔体 1501 中的偏压施加棒 1504, 从而考察电流电压特征。

得到的结果与试验 6 中得到的结果相似。

并且发现以下现象, 即, 既使在膜形成腔体中分别独立地提供一根偏压施加棒 1504 和一根进气管 1505 的情况下 [见图 15 (b)], 可以通过适当改变加在所述偏压棒上的偏压, 容易地、稳定地和重复性地控制膜形成腔体产生的微波等离子体的电位。

试验 9

重复试验 6 的步骤, 但试验 6 中用的偏压施加装置替换成图 15 (c) 中所示的构造, 它包括一根接地管 1505, 该管能够起为膜形成腔体 1501 中提供的送气管的作用, 从而考察电流-电压的特征。

得到的结果与试验 6 中得到的结果相似。

与试验 6 的情况比较可发现如下事实, 即, 当移动的衬底板与使衬底板卷起的两个旋转滚筒之间的衔接部分出现放电异常时, 使放电开始异常 (如起火花) 的电压发生了改变; 能够使生成的膜有一个光滑的表面的偏压成为负极性的, 其范围是从 -10V 到 -180V, 其中等离子体保持在一个稳定状态; 同时通过使用一个装入膜形成腔体的能够起进气管作用的接地管, 可以容易地、稳定地和重复地控制产生的微波等离子体的电位。

试验 10

重复试验 6 的步骤, 但试验 6 中的偏压施加装

置换成了图 15 (d)所示的构造, 它带有两个分立地安置在膜形成腔体 1501 中的偏压施加棒 1504 和 1506, 腔体中独立地装有一个进气管 1505, 对这时的电流-电压特征进行考察。

在本试验中, 对偏置棒 1504 加一 DC 偏压, 同时对偏置棒 1506 加一大小为上述偏压的 $1/4$ 的 DC 偏压来考察膜形成空间中产生的微波等离子体的可控性、等离子体的电位以及对生成的膜产生的影响。

得到的结果与试验 6 得到的结果相似, 并发现下述事实, 即, 只出现了很微弱的放电异常, (如起火花); 等离子体的稳定性得以改进; 可以很容易地、稳定地和重复地控制微波等离子体的电位。

试验 11

在本试验中, 研究的是当具有与试验 7 所用的同样波形和频率的偏压分别加在试验 10 中所用的偏压施加装置的偏置棒 1504 上时, 微波等离子体的可控性、等离子体电位及对生成膜的影响。

在所有情况下, 诸如起火花这样的放电异常出现得很微弱, 异常放电开始的电压被降低, 微波等离子体的稳定性有所改善, 同时得到了与试验 6 中得到的结果类似的结果。

结果发现, 在膜生成过程中, 通过采用许多分立地安置在膜形成腔体内的偏压施加载棒并独立地在每个棒上加一偏压, 有可能容易地、稳定地和重复地控制微波等离子体的电位。

实验 12 和 13

重复实验 8 和 9 的过程, 只是在每一种情况下采用与实验 7 相同的偏压。

结果, 所得效果与实验 8 和 9 相似。

本发明的发明者对以上实验所得结果进一步研究后有如下发现:

首先, 在本发明的 MW-PCVD 方法和 MW-PCVD 装置中, 建立能在单个参数的基础上稳定地保持微波等离子体的均匀性的最佳条件是困难的, 因为在多种参数的复杂的相互关联的情况下才会保持微波等离子体的稳定性和均匀性, 这些参数例如微波施加器的形状, 与所说施加器相连的波导管的种类, 所说波导管的排列, 膜形成时的膜形成空间的气压, 微波能量, 约束的微波等离子体的等级, 放电空间的形状和大小, 等等。

本发明的发明者已经发现某些趋势和条件, 它们能达到保持微波等离子体的稳定性和均匀性的目

的, 以便在本发明的大面积及长衬底上连续不断地形成所需的半导体淀积膜。

也就是说, 膜形成时的膜形成腔内的压力最好是在 1.5mTorr 至 100mTorr 之间, 在 3mTorr 至 50mTorr 之间则更好。

至于微波能量, 最好是在 $250 \times 2\text{W}$ 至 $3000 \times 2\text{W}$ 之间, 在 $300 \times 2\text{W}$ 至 $1000 \times 2\text{W}$ 之间则更好。

至于突出的及弯曲的筒形部分 (即膜形成腔) 的内直径, 最好是在 7 至 45cm 之间, 在 8 至 35cm 之间则更好。至于构成上述膜形成腔的圆周墙的基片腹板的宽度, 最好为大约 60cm , 在一对微波施加器的情况下, 大约 50cm 则更好。

如前所述, 当从微波等离子体区域中泄漏出来的微波量变大时, 在所说区域内的微波等离子体相应地变得不稳定。

因此, 为了避免出现上述问题, 在活动的衬底腹板的两个支撑弯曲部分之间的间隙 L 为一个最基本的重要因素。

由此看来, 间隙 L 最好做成小于微波波长的 $1/2$, 小于 $1/4$ 则更好。

在本发明中, 为了在膜形成时将微波等离子体的电位控制在理想状态, 最好是在微波等离子体受到约束的膜形成腔内加一个偏压施加装置, 并向所说偏压施加装置施加一个 DC、PC (脉动电流) 或具有任意波形和频率以及最大电压幅度的 AC 偏压, 使偏压施加装置同时也作为送气装置是可能的。当然, 也可以在膜形成腔内另外提供一台送气装置。

另外, 还可能通过向本发明中的构成膜形成腔的圆周墙的衬底腹板施加一个偏压, 来将微波等离子体的电位控制在理想状态。

在一个施加 DC 偏压的最佳实施例中, 电压最好在 $+10\text{V}$ 至 $+180\text{V}$ 之间。这时, 衬底腹板上形成的膜的特性变得非常优越。

下面更详细地说明本发明的 MW-PCVD 方法和 MW-PCVD 装置。

在本发明的 MW-PCVD 方法中, 如前所述, 由开头和末尾的支撑弯曲装置弯曲和突出移动的衬底腹板, 并在两装置之间沿轴向留有一预定的间隙, 由此形成膜形成腔的筒形圆周壁。为了在膜形成腔中均匀地产生和约束微波等离子体, 通过所说腔的一侧或两侧沿与所说腔的内壁表面平行的方向

将微波能量辐射进行所说的腔，使之被约束在所说的腔中。

在衬底腹板的宽度相对比较窄的情况下，即使微波能量仅仅从一侧辐射进膜形成腔，膜形成腔中产生的微波等离子体也能保持均匀状态。然而，在衬底腹板的宽度超过一个微波波长的情况下，考虑到保持微波等离子体的均匀性的需要，应该将微波能量从膜形成腔的两侧辐射进去。当然，为了将膜形成腔中产生的微波等离子体保持在一个均匀的状态下，辐射进去的微波能量就必须在膜形成腔中充分传播。这样，膜形成腔的膜形成空间需要有一个类似于波导管的结构。并且由活动衬底腹板构成的膜形成腔的圆周墙的内壁要有一个合乎要求的导电率，它使得具有所需密度的电流流动。为此，衬底腹板最好由导电材料做成。在任何情况下，位于膜形成空间中的衬底腹板的表面都应该是导电的。在采用绝缘腹板作为衬底腹板的情况下，位于膜形成腔中的绝缘部件的表面要涂一层导电层。

借助弯曲和突出移动衬底而形成的膜形成腔的筒形部分两侧的每一侧的形状最好是圆的，但也可以是其它合适的形状，如椭圆、矩形等。在任何情况下，圆筒形部分两侧的每一侧的形状，决定构成的膜形成腔的整个形状，这样，一侧的形状和另一侧的形状需要相对平缓，彼此对称。

前面说过的移动衬底腹板的前端和末端弯曲部分间的间隙 L 的形状可以是均匀的，但也可以是不均匀的。

为了在膜形成空间中传播所加的微波能量，并由此稳定地重复产生微波等离子体，以及将微波等离子体保持并控制在一个理想的状态，微波施加器中的微波发射方式应该是单一模式。

具体说来，这种单一模式是 TE_{10} 模式、 TE_{11} 模式、 EH_1 模式、 TM_{11} 模式、 TM_{01} 模式，等等。其中 TE_{10} 模式、 TE_{11} 模式和 EH_1 模式最符合要求。

然而，使用两种或两种以上的模式也是可以的。

微波能量以上述模式经能传输所说微波能量的波导管传至微波施加装置。然后，传至微波施加装置的微波能量，通过密封装在所说装置顶部的微波透射部件（它可作为膜形成腔的一个侧壁）辐射进膜形成空间。同时，经送气装置将膜形成原料气体送入膜形成空间，在那里经辐射进的微波能量的作

用，膜形成原料气体分解，产生等离子体，在包括环绕膜形成空间的移动基片腹板的圆周墙的内表面形成淀积膜。

利用一个包括真空泵在内的抽气装置，经上述间隙 L 将膜形成空间抽真空，使其在膜形成时具有预定的真空度。

需要设计间隙 L 的大小，使其具有足够的抽气速率，并且辐射进的微波能量又不会从膜形成腔中泄漏出去。

更详细地说，膜形成腔中装有微波施加装置，在所述微波施加装置中传播的微波电场的方向，和包括始端支撑弯曲装置（以后称为始端弯曲滚轴）的中心轴和末端支撑弯曲装置（以后称为末端弯曲滚轴）的中心轴的表面，互相之间并不平行。在膜形成腔中装有多微波施加装置的情况下，也是这样。

在始端弯曲滚轴和末端弯曲滚轴之间，沿轴向形成的间隙 L 的最大开口宽度最好小于微波波长的 $1/2$ ，小于 $1/4$ 则更好。在膜形成腔中相对装配两个微波施加装置的情况下，应该预先考虑到不要做一个微波施加装置辐射的微波能量被另一个微波施加装置吸收，并到达所说的后一个施加器的微波能量源，据坏所说的能量源，或产生相反作用，例如产生不正常的微波振荡。特别是，两个微波施加装置必须这样排列，使得在两个微波施加装置之间传播的微波电场方向互相之间不平行。

在一个单独的微波施加装置通过膜形成腔的一侧表面装入该腔的情况下，所说膜形成腔的另一侧表面必须这样构造，以便使微波能量不至于通过该表面而泄漏。

为此，另一侧表面要用导电部件密封，或用具有许多孔的金属网部件或开口的金属覆盖，孔的尺寸最好小于 $1/2$ 微波波长，小于 $1/4$ 则更好。

对于辐射进膜形成空间的微波能量有这样一种趋势，即虽然它取决于提供的膜形成原料的种类。但当与微波透射部件（微波透射窗口）的距离增加时，所说微波能量在与膜形成空间的气压（内部压力）相互干扰时受到衰减。因此，在采用较宽的衬底腹板时，为了在衬底腹板的宽方向上产生均匀的微波等离子体，需要使内部压力保持在一个足够低的值，并且通过采用至少两个相对放置的微波施加装置从膜形成腔的两侧，将微波能量辐射进膜形成腔。在任何情况下，微波施加装置需要垂直安装在

膜形成腔的侧面,以便由所说施加装置辐射进所说膜形成腔的微波能量沿平行于所说膜形成腔的圆周墙的方向传播。微波施加装置应该位于膜形成腔的侧面位置,与圆周墙的距离相等。

然而,在膜形成腔的弯曲的圆周墙的形状不对称的情况下,对安装在膜形成腔侧面的微波施加装置的位置没有任何特殊的限制。当多个微波施加装置相对排列时,并不要求它们的中心轴在同一条直线上。

由移动衬底腹板形成的弯曲形状需要总是保持不变,不会因始端和末端弯曲滚轴而引起折皱、松动、滑向一边等,这样,产生的微波等离子体的稳定性和均匀性就能按需要保持不变。

为了固定膜形成腔的圆周墙的弯曲形状,可以采用一个或一个以上的支撑装置,就这一问题更详细点说,即通过在膜形成空间的边缘或/和膜形成腔的外部设置的一个或多个支撑装置,来支撑构成膜形成腔圆周墙的移动衬底腹板。

在膜形成空间边缘设置支撑装置的情况下,必须使支撑装置与移动衬底腹板接触的部分尽可能小。在该衬底腹板上,要形成一层膜。例如,这种支撑装置需要这样来设置,使得一个或多个支撑装置能够滑动支撑移动衬底腹板的每一个边缘部分。

至于衬底腹板,应采用这样的腹板部件,它具有充分的易弯曲性,能够被始端和末端滚轴的每一个按需要弯曲,以形成所需的突出和弯曲形状(圆筒形),成为膜形成腔的圆周墙,并能将所说圆筒形稳定地保持在一个理想的状态。

当膜形成时,由送气装置送入膜形成腔的膜形成原料气体由排气装置排出,以将膜形成空间保持在理想的压力之下。

在本发明的 MW-PCVD 方法中,可以通过使用一个偏压施加装置向膜形成空间施加一个偏压,从而像如前所述那样控制按要求的微波等离子体的电位。在这种情况下,偏压施加装置最好这样放置,至少一部分能与膜形成空间中所产生的微波等离子体接触。

也可将偏压施加装置设计成同时兼作送气装置。在这种情况下,需要将偏压施加装置的结构设计成包括一个储气容器、流速控制器、送气管道等组成的送气系统,它从电气方面与偏压施加系统绝缘,以免由于偏压施加系统产生的偏压造成对所说送气系统的损害。将两个系统绝缘的位置最好靠近

膜形成空间。

在任何情况下,偏压施加装置与微波等离子体接触的那部分最好进行过导电处理,以便能通过那儿施加偏压。至于用作导电处理的材料,需要是一种不会引起变形、损害、熔断等的材料。在一个最佳实施例中,偏压施加装置那部分是通过在具有高熔点的金属或陶瓷上涂敷上一层具有高熔点的金属构成的。

在膜形成空间中放置同时也用作送气装置的偏压施加装置的情况下,对它的位置并没有什么具体限制,只要至少一部分与所产生的微波等离子体接触就行,因为微波等离子体起近似均匀导体的作用。

然而,从避免异常放电等情况出现的观点来看,理想的是将偏压施加装置置于膜形成空间中与圆周墙内表面相距大于 10mm、最好是大于 20mm 的位置。

如前所述,偏压施加装置可由单一偏压棒或若干偏压棒组成。

在任何这些情况下,对于构成偏压棒的材料和偏压棒放置在膜形成空间中的位置,应与上述兼作送气装置的偏压施加装置一样给予同样充分的考虑。至于单独安装在膜形成空间的送气装置,从避免出现异常放电和在膜形成空间中提供均匀的等离子体电位出发,最好所说送气装置是由介电材料制成的。然而,当施加一个相对低的偏压时,对构成送气装置的材料没有什么特别限制。

在单一偏压器或一个兼作送气装置的偏压施加装置被安装在膜形成空间的情况下,可以使用一个 DC、PC、AC 偏压或其中两个或两个以上组合成的偏压。

同样,在使用若干个偏压棒的情况下,可对这些偏压棒的每一个施加同样或不同的偏压。在这种情况下,也可以使用一个 DC、PC、AC 偏压或其中两个或两个以上组合成的偏压。在几种偏压一起使用的情况下,有以下理想的效果:能被控制的等离子体电位范围扩大了,微波等离子体的稳定性和再生性进一步得到提高,所获得的膜的特性进一步得到改善,最后得到的膜几乎没有缺陷。

那些具有正弦波形、矩形波形、不连续波形、脉冲波形以及其中两种或两种以上的波形的组合的电压能用作 AC 电压。

那些具有由上述 AC 电压的半波整流或全波整

流组成的波形、集成波形 (lump wave form) 等的电压能用作 PC 电压。

至于作为要施加的偏压的 DC 电压或最大幅度电压, 则是取决于要形成具有理想特性的膜的条件, 以及在上述膜上造成缺陷的条件。上述电压可自膜形成的开始阶段直到膜形成终止的最后阶段一直保持稳定在预定值。然而, 为了控制要形成的膜的特性和避免在上述膜上出现缺陷, 最好是连续地或周期性地改变上述电压。当在膜形成腔内产生了异常放电如电火花时, 偏压会突然改变。为了避免发生这种情况, 需要在电气方面检测上述变化、降低偏压或停止施加偏压和将偏压退回到初始电平。这个过程可以人工方式进行。然而, 最好是在偏压施加装置的控制电路内配上自动控制电路。

在本发明中, 如前所述, 偏压施加装置可以设计成这样: 将构成膜形成腔圆周墙的衬底腹板作为上述装置。在这种情况下, 在膜形成腔内装入一个接地电极。接地电极可以设计成兼作送气装置。

至于在本发明中使用的衬底腹板, 如前所述, 分别由导电材料制成的腹板部件或由一个在其表面涂敷了一层导电膜的绝缘部件组成的其它腹板部件可以被选择使用。在任何情况下, 这样的衬底腹板需要显示出具有在膜形成时衬底腹板加热和保持的温度下, 保证有足够的电流密度的导电性。最佳实施例是金属腹板和半导体腹板。

为了简化将形成一层或多层半导体层的衬底腹板分成若干部分的过程, 衬底腹板可带有分别在其表面包括一种绝缘材料的若干区域。

所说绝缘区域的面积比较大的情况下, 当控制等离子体电位时, 不在上述绝缘区域上形成膜。然而, 在所说绝缘区域的面积积极小的情况下, 在这些小的绝缘区域会形成与在导电表面形成的膜差不多的膜。

在本发明的 MW-PCVD 方法中, 为了稳定地产生具有理想均匀性的微波等离子体, 从而在活动的衬底腹板上形成理想的半导体膜, 对每一个膜形成参数都有一个最佳条件。然而, 因为这些膜形成参数从组成关系来讲是非常复杂地相互关联的。这些参数如膜形成腔的形状和容积、膜形成原料气体的种类及其流速、膜形成腔的内压力、微波能量的数量、微波的匹配、偏压等。所以, 很难统一这些膜形成参数。

本发明的 MW-PCVD 方法与已知

MW-PCVD 方法明显的区别点, 是膜形成腔的圆周墙是由一个移动的衬底腹板构成的和在上述圆周墙的内表面上连续地有一层膜, 其中衬底腹板起膜形成腔的一个结构部件的作用。作为结构部件作用, 意味着在物理和化学上隔离了膜形成的大气空间。即将膜形成空间与和膜形成无关的其它大气空间隔离。更具体地说, 是指形成具有不同气体成分或不同状态的大气, 控制气流方向或形成不同压力的大气。

MW-PCVD 方法就是在大面积和长的衬底腹板上连续地形成理想的均匀的半导体淀积膜, 这是通移动该腹板建立一个筒形部分, 以作为膜形成腔的同时将上述基片腹板支撑弯曲和突出, 膜形成腔的周围壁是由经弯曲和突出并有膜形成空间的上述衬底腹板构成的; 将膜形成原料气体送入膜形成空间, 同时, 对上述膜形成空间施加微波能量并将膜形成空间抽空, 以产生微波等离子体, 约束微波等离子体与产生时相同, 这样在由移动衬底腹板组成的上述圆周墙的内表面连续形成上述半导体膜。这样, 基本膜板本身起到结构部件的作用, 将膜形成空间和与膜形成无关的空间隔离, 它还起到基片的作用, 在其表面形成膜。

在这方面, 与膜形成空间隔离的大气处于这样一种状态, 其气体成分、状态、压力等均与膜形成空间明显地不同。

另一方面, 在已知的 MW-PCVD 方法中, 要形成膜的衬底是放置在膜形成腔内的一个衬底支架上的, 因此, 衬底起到将在膜形成腔内产生在其上膜形成先质淀积部件的作用。这是本发明的 MW-PCVD 方法与已知的 MW-PCVD 方法的明显不同点。

在已知的 RF 等离子 CVD 方法或溅射法中, 将要在其上形成膜的衬底偶尔也用作电极以产生并保持放电, 但并不起充分约束等离子体的作用。在这种情况下, 的基片不起结构部件的作用, 不像在本发明中将膜形成空间和与膜形成无关的空间充分隔离。

在本发明的 MW-PCVD 方法中, 为了使膜形成只在膜形成空间进行, 要使构成膜形成空间的圆周墙的移动衬底腹板所形成的与膜形成空间隔离的空间内的气体成份和状态与膜形成空间内的成份和状态不同。例如, 膜形成空间外的大气, 可以由不能促进膜形成的气体或包含从膜形成空间排出

气体的气体组成。在膜形成时,如前所述,微波等离子体只限定在膜形成空间。在这种情况下,为了改进微波等离子体在膜形成空间的稳定性和再生性,以及防止在衬底腹板以外的部分淀积上一层膜,防止上述微波等离子体泄漏到膜形成空间以外,是非常重要的。为此,这样做是有效的:

(a) 给膜形成空间的压力和膜形成空间以外的空间的压力造成差别;(b) 在膜形成空间以外的空间,形成包含由具有一个小的电离截面的惰性气体或 H_2 气体的气体环境,或 (c) 有意放置防止微波等离子体从膜形成空间泄漏出来的装置。在 (c) 的情况下,如前所述,利用前述导电部件来封闭连接膜形成空间与膜形成空间间隙是有效的。除此之外,用前述金属网或具有若干孔的板来覆盖上述空间也是有效的。

当使得膜形成空间以外的空间的压力明显地低于膜形成空间的压力或当使得前者的压力高于后者,就可以有效地避免在膜形成腔以外的空间产生微波等离子体。

按照上述 MW-PCVD 方法,可以在大面积和长的衬底上连续形成具有均匀厚度、良好的一致性的理想的半导体淀积膜,并且改进气体的利用率和提高的产出率。

以下就适用于本发明的 MW-PCVD 方法的 MW-PCVD 装置进行说明。

如前所述,本发明的 MW-PCVD 装置的基本构成包括:至少有一个具有弯曲的圆周墙的大体上封闭的圆筒状膜形成腔,其圆周墙通过由一对用来支撑弯曲上述衬底腹板的滚轴,从释放机构纵向移动到卷收机构时弯曲和突出衬底腹板构成的,该对滚轴平行放置,在纵向留出预定的空隙。该膜形成腔有一个膜形成空间;至少有一个微波施加装置,该装置至少与上述膜形成腔的两侧面中一个相连,上述微波施加装置能在与上述圆周墙平行方向将微波能量辐射进膜形成空间;将上述膜形成空间抽真空的装置;将膜形成原料送入膜形成空间的装置;和加热或冷却上述衬底腹板的装置。MW-PCVD 装置还可包括向膜形成空间施加偏压的装置。

在本发明的 MW-PCVD 装置中,在衬底腹板外部起装置的结构部件作用的可以是大气。然而,在一个最佳实施例中,上述外部是由一个适当的封闭装置来封闭的,使其与外部空气隔离。具体地说,膜形成腔可以通过一个机械封闭装置利用密封

圈、密封垫双曲螺旋面 (helicoflex)、磁性材料等与外界空气隔离。在这种情况下,其结构要使衬底腹板能在结构性地封闭的同时连续地移动,也可以在膜形成腔的外部放置一个封闭空器,它能形成包括一种对在膜形成腔内将要形成的膜不会产生任何消极影响或只产生积极影响的稀释气体的大气。除此之外,可在膜形成腔外部放置能将上述外部抽成真空的其它封闭容器。

本发明的 MW-PCVD 装置可以包括水平地放置的若干个上述膜形成腔。在这种情况下,可给每个膜形成腔配上上述密封容器。此外,也可以对全部膜形成腔进行上述密封。

本发明的 MW-PCVD 装置可包括一个或多个其它膜形成装置。在这种情况下,最好是每两个装置通过比如气体阀门装置连接。

在本发明的 W-PCVD 装置中,可以使膜形成腔外部的压力处于减压或增压状态。然而,为了防止由移动的膜形成腔衬底腹板组成的周围壁由于膜形成腔的压力与上述腔外部的压力之间的差造成的变形,可以在膜形成腔内放置一个适当的辅助结构部件。作为这样一个辅助部件,可以是图示的用金属、陶瓷或增强塑料制成的网眼部件。在这种情况下,由上述网眼部件之一组成的辅助结构部件沿着膜形成腔圆周墙内表面安装。当辅助结构网眼部件在膜形成腔内按此方式安装时,由上述网眼部件遮挡的周围壁内表面部分几乎难以接触微波等离子体,因此,只能稍微淀积上一点膜。考虑到这点,需将所说的辅助结构网眼部件设计成在圆周墙内表面上,不会产生上述遮挡部分。

可以将辅助结构网眼部件设计成以与衬底腹板在膜形成时移动的速度相同的速度旋转。由此在所说的衬底腹板上有目的地形成一个网眼模式。

如前所述,要在其上淀积一层膜的衬底腹板,最好是在 MW-PCVD 工艺形成膜时的高温下既不变形也不失真,该衬底腹板有充足的强度并且是导电的。作为这样的一个衬底腹板,可用如不锈钢、铝、铝合金、铁、铁合金、铜、铜合金等金属或合金制成的腹板部件,两种或数个这些金属组合制成的腹板部件,和以溅射法、蒸发法或镀膜法等对其表面涂敷一层不同金属的薄膜的任何上述腹板部件组成的腹板部件。

除这些腹板部件外,还可举出由树脂制成的抗热板,如聚酰亚胺、聚酰胺、聚对苯二甲酸乙二

醇酯、环氧树脂等,或其它由上述树脂和玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、金属纤维等组成的板,它们的表面分别以镀膜法、蒸发法、溅射法等涂敷上一层金属、合金导电膜或透明的导电氧化膜。如ITO。

具有导电表面的任何这些腹板部件可有一个包括 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 AlN 的绝缘膜,或在其部分表面的一个上述抗热区域。

从成本、储存空间等观点出发,用在本发明中的衬底腹板是越薄越好。只要它被弯成一个具有理想强度的圆筒形,以构成本发明的膜形成腔的圆周墙。

通常,衬底腹板的厚度以在0.01至5mm范围内为好,在0.02至2mm内则更好,而在0.05至1mm内则最佳。

至于衬底腹板的宽度,对此应予以充分考虑:在由移动衬底腹板构成周围壁的膜形成腔内,均匀的微波等离子体应按纵向(即,按移动衬底腹板的宽度方向)稳定地和反复地提供,并且圆筒形部分的形状应保持稳定。通常,其范围以5至100cm内为好,在10至80cm内则更好。

至于衬底的长度,没有任何特别的限定。

在本发明的MW-PCVD装置中,如前所述,基本要求是移动衬底腹板要合乎要求地弯曲和突出,以提供一个圆筒形部分作为膜形成腔的圆周墙,这是通过一个能将自释放机构送来的衬底腹板首先弯曲和突出,并同时支撑地传送该衬底腹板向上的始端滚轴(以下称“始端滚轴”)和一个能将衬底腹板最终弯曲并同时支撑地将衬底腹板纵向传送到一个卷收机构的末端滚轴(以下称“末端滚轴”),并在两个滚轴之间纵向留出一个预定宽度的间隙。

圆筒形部分的两个侧面的每一面,分别被提供一个支撑传送旋转环,以将圆筒形部分保持在理想状态,其中圆筒形部分的两个侧端部分之一是由两个旋转环之一借助使衬底腹板在上述旋转环表面接触的方式来支撑的。衬底腹板是通过由驱动电机旋转上述两个滚轴或/和两个环来移动的。在通过两个旋转环移动衬底腹板的情况下,可以如所说的那样使用两个旋转环,可以用一对带齿的旋转环。在这种情况下,需要给衬底腹板的两侧部分提供与两个带齿的旋转环突出部分对应的孔。此外,可以将衬底腹板从两个环上滑动传送过去,而不使它们旋

转。要求两个旋转环的每个都形状相同,最合乎要求的是真正的圆形。然而,它们可以是其它形状的,如椭圆形、矩形等。

在MW-PCVD装置中,为了防止衬底腹板在传输过程中发生松动、起皱、滑向一边等,保持衬底腹板的传输速度稳定是一个重要因素。为此,要提供一个检测衬底腹板运输速度的检测机构,和一个根据自上述检测机构到支撑地传送机构的信号来自自动控制衬底腹板的传输速度的传输速度控制机构。用这些机构控制要在衬底腹板上形成的半导体膜的厚度也是有效的。

在任何情况下,两个旋转环的每一个的放置都不可避免地在膜形成时暴露在微波等离子体之中。因此,会担心其表面也淀积上一层膜和该膜又从其转移,在由膜形成腔的移动衬底腹板组成的圆周墙的内表面而淀积成一层膜。这样形成的膜会带有缺陷,如针孔,因此,要求旋转环不仅具有充分的抗热能力,还要有抗腐蚀能力。还要求旋转环几乎不会在其上淀积上一层膜或能紧固住反复淀积在其上的膜而不使其转移。考虑到这一点,旋转环必需用特选材料制成以满足上述要求。

具体地说,旋转环由自以下材料中选出的材料制成,这些材料包括不锈钢、镍、钛、钒、钨、钼、铌以及两种或多种这些金属的合金。由这些材料制成的旋转环表面可通过火焰喷涂法、蒸发法、溅射法、离子注入法、CVD镀膜法等形式形成一层膜,它包括一种陶瓷材料,如矾土、石英、镁、二氧化锆或氧化硅。旋转环可由上述陶瓷材料中的一种或包括这些陶瓷材料的两种或多种混合制成。旋转环的表面可以是一个镜子般的表面或一个不平的表面,这取决于相关的因素,如淀积在其上的膜的应力。

要有意地在膜剥落并在膜形成腔内扩散前,去掉淀积在旋转环上的膜。去掉上述膜最好通过干腐蚀或在真空条件下分解上述膜。然后,进行化学或物理处理,如湿腐蚀或小球喷净法。上述始端和末端滚轴分别设计成与上述那对旋转环比有较大的与衬底腹板接触的面积。这样,滚轴与衬底腹板的热交换效果就大。因此,必需充分考虑到移动衬底腹板不被始端和末端弯曲滚轴不合乎要求地加热和冷却。为此,要给上述滚轴配上一个合适的温度控制机构。也可以给上述滚轴配上一个合适的传送应力检测机构,为了保持滚轴的传输速度稳定,这是有效的。为了防止在由滚轴支撑地弯曲时移动衬底腹

板发生倾斜、扭曲、滑向一边等情况,可给上述滚轴配上一个冠状机构。

作为膜形成腔圆周墙的上述圆筒形部分的设定,还包括微波施加装置的末端部分。如前所述,考虑到在膜形成腔内均匀地产生微波离子体,并保证在膜形成腔圆周墙内表面形成的膜的均匀性,微波施加装置最好置于圆筒形部分两个侧面之一的中心位置。

上述圆筒形部分的每一个侧面的内径,决定了微波的传播方式和要提供微波等离子体的区域的容量。具体地说,在由膜形成腔的移动衬底腹板构成的圆周墙内表面形成的膜的厚度,取决于上述内表面在上述微波等离子区域中传输时暴露于该区域的那段时间,圆周墙内表面与确定膜形成空间全部表面的面积比将由衬底腹板的宽度决定。结果,将决定气体利用率。

为了将微波等离子体保持在上述微波等离子体区域,微波功率密度(w/cm^3)将参照以下相互关系决定,这些相互关系有:要用的膜形成原料气体的种类、其流速、内部压力、来自微波施加装置的微波能量的辐射状态、上述微波能量的传播能力、微波等离子体区域的绝对容量等。这样,要产生上述微波功率密度是极端困难的。

对要在膜形成腔圆周墙内表面形成的膜厚度,可通过用一片衬底盖板覆盖部分上述内表面来进行控制。

至于用在本发明中的衬底腹板,在必要时可在其上有一导电层。例如,在连续制备一个太阳能电池的情况下,当使用用导电材料制作的衬底腹板时,没必要在其上涂敷一导电层,因为导电衬底腹板本身具有作为电流输出电极的能力。然而,当使用用绝缘材料比如合成树脂制作的基片时,需要在其表面涂敷一能作为电流输出极的导电层,在本发明的 MW-PCVD 装置中,要在其上形成一半导体膜。这样的导电层可通过的金属电镀、蒸发或溅射方式在绝缘衬底腹板表面涂敷一导电材料而形成,这些材料是 Al、Ag、Pt、Au、Ni、Ti、Mo、W、Fe、V、Cr、Cu、不锈钢、黄铜、镍铬合金、 SnO_2 、 In_2O_3 、 ZnO 、 $SnO_2-In_2O_3$ (ITO) 或 TCO。

在任何情况下,任何这些衬底腹板可在其表面断断续续地有一绝缘层部分,以便将产品分成若干单独的元件的操作。

为了改进在衬底表面上长波长光线的反射率,或为了避免衬底的组成部分分子与在其上形成的淀积膜在基片和淀积膜之间相互扩散,或为了防止出现短路,可在基片上加一适当的层,它由与基片组成部分分子或导电层组成部分分子不同的一种金属构成。

在制备一种光线从衬底侧照射型的太阳能电池的情况下,当使用一相对透明的膜板部件作为衬底腹板时,要事先在其表面涂敷一层由上述导电氧化材料或金属构成的薄导电层。

衬底腹板可以具有均匀表面或具有细小不规则的不均匀表面。

在衬底腹板为后者的情况下,细小不规则可由若干个圆形的、圆锥形的、棱锥形的陷窝组成,其中陷窝的最大高度(R_{max})最好是在 500 至 5000 Å。

用这样的衬底腹板制备的太阳能电池就会使光线不规则地反射,增加了在其表面被反射的光线的光路径长度。

在本发明的 MW-PCVD 装置中,微波施加装置的后部配有一个微波透射部件,上述透波透射部件由一个耐压结构通过膜形成腔的侧面与之牢牢地连接。具体地说,这部分的结构设计成圆形、矩形、钟形、双线形成圆锥形。

至于在要传播微波方向的上述微波透射部件的厚度,其决定应使得在透射部件处的微波反射最小,并充分注意到制成上述透射部件的介电材料的介电常数。

例如,在透射部件为平板形时,理想的厚度为微波波长的 $1/2$ 。

构成微波透射部件的介电材料最好是能允许来自微波施加装置的微波能量以最小损耗辐射进入膜形成腔,并且密封性能极佳,能阻止空气流入膜形成腔。

这样的材料有玻璃或细陶瓷,如石英、铝矾土、氮化硅、氧化铍、氧化镁、氮化硼等。

在 MW-PCVD 装置中,为了防止微波透射部件由于微波能量或等离子能量而受到损害,可配上一个用于均匀地冷却上述微波透射部件的适当的机构。

可用作上述冷却机构的可以是向微波透射部件外表面吹冷风的冷却机构、或一个用冷空气、水、油或氟利昂来冷却微波透射部件的冷却微波施加装

置的机构。

在这种情况下，当微波透射部件被冷却并保持在足够低的温度时，即使对膜形成腔施加相对高功率的微波能量，它也不会受到损害，其中可以合乎要求地产生高电子密度的微波等离子体。

在本发明的 MW-PCVD 装置中，置于膜形成空间内并与其中的微波等离子体接触的微波透射部件的表面也在反复进行膜形成时淀积上一层膜。在这种情况下，这取决于在微波透射部件表面淀积的膜的种类和特性，但通常自微波施加装置辐射的微波能量被上述淀积膜吸收或反射掉了，引起辐射入膜形成腔内的微波能量的减少，结果，有时会发生微波等离子体不能保持稳定的情况，因此，引起膜淀积率的降低，所形成的膜的特性有缺陷。为了避免发生这种情形，需要长期用干腐蚀、湿腐蚀或机械清洁装置来清洁微波透射部件。通过干腐蚀淀积在其上的膜并同时保持膜形成腔的真空，可以合乎要求地进行微波透射部件的清洁。此外，微波透射部件的清洁工作也可以以下方式进行，即，将整个包含微波透射部件的微波施加装置传送到一个与膜形成腔相连的负载锁定室，但不中断膜形成腔内的真空。微波透射部件在负载锁定室内由干腐蚀或机械清洁装置进行清洁，包含清洁过的微波透射部件的整个装置送回膜形成腔。还可以用一个新的微波透射部件替换其上有淀积膜的微波透射部件。

再者，还可以使微波透射部件保持在合乎要求的状态，不被淀积上一层膜。做法是沿着在膜形成空间内的微波透射部件表面连续地移动一张由相当于构成微波透射部件的介电材料的介电材料制造的板，以防止在上述表面淀积上一层膜，并从膜形成腔内取出已淀积上一层膜的板。

微波施加装置有这样一个结构，其作用是在合乎要求的状态下，辐射来自微波功率源的微波能量到膜形成腔，从而利用上述微波能量的作用，将送气装置提供的膜形成原料气体分解，以稳定地产生在膜形成腔移动衬底基板构成的圆周墙内表面形成半导体膜的等离子体，并在合乎要求的状态下保持等离子体的恒定。

微波施加装置的技术规格可与微波透射部件相同。事实上，微波施加装置的技术规格可不同于微波透射部件的技术规格。

关于微波施加装置的大小和形状，最好设计成在上述微波施加装置中的微波传播模式为单一模

式，以便使微波能量在膜形成腔内有效地传播，从而稳定地产生、保持和控制微波等离子体。

然而，在微波等离子体产生参数，如膜形成原料气体的种类、内部压力、微波功率等，经正确地确定时，可以使用若干种模式。

建立以单一模式的微波传播模式，这些模式有例如 TE_{10} 模式、 TE_{11} 模式、 EH_1 模式、 TM_{11} 模式和 TM_{01} 模式。在这些模式中， TE_{10} 模式、 TE_{11} 模式和 EH_1 模式最为理想。能以上述模式传播微波能量的波导管与微波施加装置连接。在最佳实施例中，要使波导管中的微波传播模式与微波施加装置的模式相等。

上述波导管种类应根据要使用的微波的频带和传播模式，做出正确的决定，其截止频率最好小于要使用的频率。

可用的波导管有，如：JIS、EIAJ、IEC 或 JAN 标准的矩形波导管、圆形波导管和椭圆波导管。除此以外，可以用具有一个宽 96mm、高 27mm 的矩形横切面的波导管。

在本发明的 MW-PCVD 装置中，来自微波功率源的微波经过上述微波施加装置有效地辐射进入膜形成腔，以使与所谓反射波有关的难题能理想地得到解决，并且不用如微波线路中的三短截线式调谐器或 E-H 调谐器这样的微波匹配电路就能保持放电的相对稳定。

然而，在担心放电开始前会引起强烈的反射波或放电开始后由异常放电引起上述强烈的反射波的情况下，最好配上上述微波匹配电路，以保护微波功率源。

在本发明的 MW-PCVD 装置中，膜形成腔的上述始端和末端弯曲滚轴之间留有上述空隙，经过上述空隙，通过一个排气装置将膜形成空间抽真空，以使膜形成空间在膜形成时保持在预定的压力。

上述空隙的大小需设计成有充足的排气导率并使辐射进入膜形成腔的微波能量不会从上述腔中泄漏。

具体地说，微波施加装置应这样放置：包含上述始端弯曲滚轴的中心轴和上述末端弯曲滚轴的中心轴的面不与要在上述微波施加装置内传播的微波的电场方向平行，即上述波导管应这样放置：包含上述波导管长边或长轴的面不与包含上述始端和末端弯曲滚轴的面平行。

即使是在使用若干个上述微波施加装置将微波能量辐射入膜形成腔的情况下,有必要将每个上述微波施加装置按上述方式放置。

如上所述,始端和末端弯曲滚轴之间的上述空隙的纵向最大宽度小于 $1/2$ 微波波长为好,或者小于 $1/4$ 微波波长则更佳。

进一步说,如果提供给膜形成腔的多个前述微波施加装置在所述腔中相对放置,那么就需要将每个装置排列成不致引起这样的问题,即一个微波施加装置所辐射的微波能量被另一个微波施加装置所接收,并因而使后一个微波施加装置所接收的微波能量进入该后一个微波施加装置的微波功率源,从而损坏该功率源或者引起微波功率振荡之异常。具体讲,这些微波施加装置应该这样来排列:微波能量在一个微波施加装置中传播的电场方向,与微波能量在另一个微波施加装置中传播的电场方向是不平行的。换句话说,和一个微波施加装置相连的、包含有波导长边(或长轴)的一个面,与和另一个微波施加装置相连的、包含有波导长边(或长轴)的另一个面是不平行的。

在本发明的 MW-PCVD 设备中,当微波能量只通过膜形成腔的一侧面辐射入所述腔的时候,需要设计另一侧面,使微波能量不会通过该侧面而泄漏出去。为此,此一侧面要用导电构件盖住,或者用象金属网那样的有孔构件盖住,或者用冲孔板盖住,该板上有许多的孔,每个孔最好小于 $1/2$ 微波波长,若小于 $1/4$ 微波波长则更好。这样可防止微波能量从那里泄漏到膜形成腔的外面去。

在 MW-PCVD 设备中,正如上面所述,能够给膜形成腔提供一个偏压施加装置,以便控制等离子体的电位。

下面参考图 15(a)至图 15(d) 阐述在本发明 MW-PCVD 设备中偏压施加装置的结构和配置。

图 15(a)至图 15(d) 分别是提供给 MW-PCVD 设备的在图 2 中用数字 217 表示的偏压施加装置结构的剖面图。每一张图中的偏压施加装置的结构都表示图 10 中 H-H' 方向的剖视。

图 15(a)表示偏压施加装置还作为送气装置的典型例子。

在图 15(a)中,作为膜形成腔的圆周墙的衬底腹板 1501,在电气上是接地的,当用支持弯曲滚轴 1502 来保持它的筒形状时,此腹板被移动。数字 1503 是能用作送气管的偏压施加管。数字

1510 是一个从储气箱(图上未画出来)延伸过来的供气管,它通过一个隔离接头 1509 连接到偏压施加管 1503。数字 1507 是一个产生偏压的电源,在电气上连接到偏压施加管 1503。作为电源的 1507,可以利用市场上能买到的直流电源(DC)或者交流电源(AC)。除了这两种电源,也可利用能够施加所选偏压的电源系统,它们可以有不同的波形和频率,例如,波形从经由精密功率放大器放大的函数发生器输出。

需要建立一个系统,该系统总是用记录仪监控偏压和偏流值,并将获得的数据送到控制电路,以改善微波等离子区的稳定性和再生性,且控制异常放电的发生。

偏压施加管 1503 在膜形成腔中的安放位置没有任何特别的限制,只要偏压施加管位于能接触到所产生的微波等离子体就行。

从防止发生异常放电的观点,一个最佳实施例中,偏压施加管 1503 最好位于与圆周墙 1501 的内表面相隔 10mm 以上的位置,相隔 20mm 以上更好。

因为偏压施加管 1503 也用于把膜形成原料气体馈送到膜形成空间中去,所以所述管需要有许多气体释放孔或者气体释放缝,它们能够均匀(最好是在轴向方向)地喷出膜形成原料气体。

至于偏压施加管 1503 的直径和长度,可以按所提供的所需电流密度来设计。管的表面积要尽可能地小,只要能保证电流密度即可,以防止膜在其上沉积,膜上的沉积将引起对由移动衬底构成的圆周墙内表面上所成膜的污染,还会引起气体利用率的减小。

图 15b(d)和图 15(d) 分别是典型结构例子的说明性示图,其中独立的偏压施加装置和独立的送气装置分别安置在膜形成腔中。

在图 15(b)的情况中,装有一个偏压棒 1504。在图 15(d)的情况中,分别装有第一偏压棒 1504 和第二偏压棒 1506。在两种情况的任何一种情况下都可能安装一个或多个附加的偏压棒。

在图 15(d)的情况中,两个加偏压电源 1507 和 1508 可以有不同的规格,也可以是相同的规格。

这两种情况的任何一种中,膜形成原料气体是通过送气管 1505 加到膜形成空间中去。

送气管 1505 需要由绝缘材料制成,以防止异

常放电并提供均匀的等离子体电位。不过,该管也能由导电材料制成,此时,必需使供气管在电气上是接地的。

图 15 (c) 表示了一种典型例子,其中偏压加在作为膜形成腔圆周墙的衬底腹板上,加偏压电源在电气上连接到衬底腹板 1501 上,且供气管 1505 由导电材料制成,在电气上接地。在这种情况下,可以使用绝缘材料制成的供气管 1505,并提供一个接地电极。

此时,所述供气管在膜形成腔中安放的位置没有任何特别的限制,只要该管位于能够接触到微波等离子体的位置就行。

正如上面所描述的,本发明的 MW-PCVD 设备可包含一个或多个其它的膜形成真空容器。在这种情况下,每个真空容器相互之间由气阀装置隔离,这些气阀装置允许衬底腹板在真空状态下从一个装置输送到另一个装置。在 MW-PCVD 设备中,膜形成腔(或真空容器)的内部需要保持这样的一种压力,其性能要接近泊松(pashen)修正曲线的最小值。因此,与本发明膜形成腔(或真空容器)相连的另一个真空容器的内部压力常常和本发明的膜形成腔(真空容器)的压力相当或较大。因此,这就要求所述气阀装置起到防止在一个真空容器中的膜形成原料气体弥散到另一个真空容器中去的作用。为了设计气阀装置以满足这个要求,可以利用在美国专利 NO.4438723 的说明中所披露的气阀装置原理。在这方面特别要提出的是要求气阀装置保持相对应的压力差约为 10^6 。作为排气泵,要用有高排气容量的排气泵,如:油扩散泵,涡轮分子泵,机械增压泵等等。

气阀装置的截面形式要求是槽形或者类似槽形。其标尺的合适设计是依据由已知电导计算方程式所获得的结果。这与所用排气泵的全长的排气容量有关。

为了有效地将一个真空容器与另一个真空容器隔离开,要求使用阀门气。可用作阀门气的是稀有气体,如:Ar、He、Ne、Kr、Xe、Rn 等等,以及为了稀释膜形成原料的稀释气体如: H_2 。这些阀门气的流动速率能够依据整个气阀的电导率以及所用排气泵的排气容量(利用图 14 (a) 或图 14 (b) 所示的压力梯度)来确定。在图 14 (a) 的情况下,可理想为压力最大的位于气阀中心部分附近,因此,阀门气从中心部分向前分开流向位于两

侧的各自相邻的真空容器。在图 14 (b) 的情况下,可理解为有压力最小点位于气阀中心部分附近,因此,阀门气随膜形成原料气体一起从相邻的真空容器通过中心部分排出。就此而论,这两种情况的每一种都可以防止相邻真空容器中气体的相互弥散。实际上,测量质谱仪弥散出来的气体总量或者分析最终沉积膜的成分可以找到最佳的状态。

在本发明的 MW-PCVD 设备中,在本发明的膜形成腔以外的其它的真空容器中膜的形成能够用已知的膜形成方法来实现,如 RFV 等离子体 CVD 法,溅射法,反应溅射法,离子电镀法,光感应 CVD 法,热感应 CVD 法,MO-CVD 法,MBE 法,HR-CVD 法等等。也可以用类似于本发明与 MW-PCVD 法的微波等离子体 CVD 法。

用在 MW-PCVD 设备中的微波频率最好是 2.45GHz,不过也可以用其它频率的微波。

为了提供稳定的放电,要求振荡系统连续振荡。要求它的纹波宽度最好是占可用输出范围的 30% 以内,在 10% 以内更好。

为了获得高质量的半导体膜,要求连续进行膜的形成而不打开膜形成腔去接触空气。但是,所用的衬底腹板长度有一个限度。因此,需要用适当的连接方法,如焊接,将一个衬底腹板连接到原先所用的衬底腹板上。这是能够实现的,例如,在一个包含释放机构或者卷收机构的腔室附近的处理室中进行。

下面阐述在膜生成时对衬底腹板的处理。

图 13 (a) 至图 13 (j) 分别是衬底腹板处理腔室的外形示图和膜形成时衬底腹板的动作情况。

在图 13 中,1301a 表示第一个衬底腹板处理腔室,被安置在释放衬底腹板的那一侧;1301b 表示第二个衬底腹板处理腔室,被安置在卷收衬底腹板的那一侧,其中有一对滚轴 1307a 或一对滚转 1307b,分别由含氟橡胶制成,还有一对切割刀片 1308a 或 1308b,一个焊接夹具 1309a 或 1309b。

即是说,图 13 (a) 表示了通常的腹形成情况。其中,衬底腹板在箭头方向移动,而滚轴 1307a,切割刀片 1308a 和焊接夹具 1309a 与衬底腹板 1302 不接触。数字 1310 代表与起始衬底腹板容器(图上未画出)相连的导管(气门)。数字 1311 代表与第一个膜形成腔(A)相连的导管(气门)。

图 13 (b) 表示在完成一卷衬底腹板的膜形成步骤之后换上一个衬底腹板的第一步。首先, 衬底腹板 1302 停止移动, 然后滚轴 1307a 从虚线位置沿图上箭头方向移动, 并进而与衬底腹板 1302 和衬底腹板处理腔室 1301a 的墙紧紧接触。在这种情况下, 起始衬底腹板容器与第一膜形成腔之间用操作气门使气体密闭的方法而隔离开来。然后, 一对切割刀片 1308a 沿箭头方向动作, 切断衬底腹板 1302。切割刀片 1308a 可构造为机械式、电气的或者是热切割刀。

图 13 (c) 表示了切断和隔开的衬底腹板 1303 被卷收到起始衬底腹板容器那一侧的情形。

上述的切割和卷收步骤能够在起始衬底腹板容器内部在真空状态下或在泄漏到大气中的状态下进行。

图 13 (d) 表示的步骤是: 提供新的衬底腹板 1304, 并与前一个衬底腹板 1302 相连接。1304 和 1302 先是在端面接触上, 然后用焊接夹具 1309a 将它们焊接上。

图 13 (e) 表示的情形是: 第一衬底腹板容器 (未画出) 的内部被抽真空, 相对于膜形成腔的压力差有效地减小, 其后, 一对滚轴 1307a 离开衬底腹板 1302, 1302 和 1304 被卷收。

然后, 我们来描述在卷收衬底腹板一侧的操作情况。

图 13 (f) 表示了通常的膜形成情况, 各个夹具被安放得基本上与图 13 (a) 所描述的那些是对称的。

图 13 (g) 表示的步骤是: 在完成膜形成之后取出一卷衬底腹板, 在那里放一个空轴以卷收下一个膜形成步骤所用的衬底腹板。

首先, 衬底腹板停止移动, 一对滚轴 1307b 从虚线所示的位置沿图上箭头所示的方向移动, 进而与衬底腹板 1302 和第二衬底腹板处理腔室 1301b 的墙紧紧接触。在此情形下, 上述的终端衬底腹板容器与膜形成腔用控制气门使气体密闭的方法隔离开来。然后, 一对切割刀片 1308b 沿箭头方向移动, 切断衬底腹板 1302。切割刀片 1308b 可以是机械的、电的或热切割刀中的任一种。

图 13 (h) 表示的情形是: 在完成膜形成步骤之后, 切割的衬底腹板被卷收到终端衬底腹板容器那一侧。

上述的切割步骤和卷收步骤能够在终端衬底腹

板容器的内部在抽空状态下或者泄漏到大气中的状态下进行。

图 13 (i) 表示的步骤是: 提供一个备用的衬底腹板 1306, 附在新的卷收轴上作卷作用, 并与 1302 相连接。衬底腹板 1306 和 1302 先是在端面相互接触, 然后利用焊接夹具 1309b 焊接。

图 13 (j) 表示的情形是: 终端衬底腹板容器 (未画出) 的内部被抽空, 有效地减小了与膜形成腔 (B) 之间的压力差, 其后, 滚轴 1307b 离开衬底腹板 1302 和第二衬底腹板处理腔室 1301b, 衬底腹板 1302 和 1306 就被卷收。

正如图 13 所示, 可以在保持膜形成腔为真空状态下很容易换一个衬底腹板, 所以操作效率能够被显著地改善。另外, 由于膜形成腔内部不暴露在大气压力中, 所以膜形成腔的内壁不会有任何机会被水弄湿, 从而能够制成高质量的半导体器件。

按照本发明, 能够以高沉积率连续地在大面积长衬底上生成所希望的高质量非晶或结晶的半导体膜, 并获得高产量。

作为这样的半导体膜, 能够被提到的有: 例如, 所谓 IV 族半导体膜——包括 Si、Ge、C 等等; 所谓 IV 族合金半导体膜——包括 SiGe、SiC、SiSn 等等; 所谓 III-V 族半导体膜——包括 GaAs、GaP、GaSb、InP、InAs 等等; 以及所谓 II-VI 族半导体膜——包括 ZnSe、ZnS、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe 等等。

为了形成本发明中的这些半导体膜, 作为膜形成原料气体, 能够利用已知的气态化合物或容易气化的化合物, 这些化合物能有助于生成这样的半导体膜, 如: 氢化物、卤化物或者生成半导体膜的组成成分的一种或多种有机金属化合物。

一种或多种这些膜形成原料气体通过前述的供气装置或通过能用作供气装置的前述偏压施加装置在膜形成的时候引入膜形成腔。

可以在膜形成原料气体中混入适当的稀有气体或者稀释的气体并引入膜形成腔, 可用作这些稀有气体的是, 例如, He、Ne、Ar、Kr、Xe、Rn 等等。可用作这些稀释气体的是, 例如, H₂、HF、HCl 等等。

在本发明中, 关于价电子或者用结合一个控制元素的价电子的禁带宽或者在膜生成时控制进入膜的元素的禁带宽, 可以控制在前述衬底腹板上连续生成的半导体膜。在这种情况下, 当混合上述稀有

气体或稀释气体时能够给予这样的元素的原料气体独立地引入膜形成腔或者与膜形成原料气体一起引入。

在本发明中,如前所述,引入膜形成腔的膜形成原料气体在微波能量的作用下被分解以产生在前述衬底附板上引起生成膜的先驱物。

现在,参考附图,详细地阐述本发明的 MW-PCVD 设备。描述将不限制本发明之范围。

设备的实例 1

图 1 是按照本发明的 MW-PCVD 设备的第一个实施例之结构透视图。

在图 1 中,衬底腹板 101 以箭头所示方向连续移动,同时被支撑地弯曲和凸出,这是藉助起始有支撑的递送滚轴 102 和终端有支撑的递送滚轴 103 来实现的,以提供一个筒形部分,作为有膜形成空间的膜形成腔的圆周墙,所述筒形部分的两端由一对有支撑的递送环 104 和 105 支撑着,所以所述筒形部分的形状被保持在所希望的状态。数字 106a 至 106c 是温控机构,用于加热或冷却衬底腹板,装在由移动衬底腹板所组成的所述圆周墙的外表面之上。温控机构 106a 至 106c 这样来设计:它们中的每一个都可以独立地工作(这部分在图上未画出)。

数字 107 是微波施加器,被连接到膜形成腔 116 的一侧面上。同样,数字 108 是另一个微波施加器,被连接到膜形成腔 116 的另一侧面。微波施加器 107 和 108 每个都在它的端面部分有一个微波透射部件 109 和 110,这样,它就将膜形成腔 116 的侧面密封起来。在图 1 中,为了说清楚,微波透射部件 109 以侧面打开的状态来表示。

微波施加器 107 和 108 每个都通过矩形波导管 111 或 112 连接到微波功率源(未画出)。

两个微波施加器 107 和 108 在膜形成空间两侧相对地排列,这样,包括所述矩形波导管 111 和 112 之一的长边在内的每个面都不会与包括滚轴 102 和 103 之一的中心轴在内的每个面在膜形成空间正文,并且,包括一个波导管长边在内的面也不会与包括另一个波导管长边在内的面平行。

数字 113 是伸进膜形成空间的供气管。

供气管 113 通过一个流量控制装置(未画出)连接到一个或多个含有膜形成原料气体的容器中。

数字 114 是一个排气管,通过一个排气阀门

(未画出)连接到一个排气泵上(未画出)。

数字 115a 和 115b 是两个隔开的通道,用在这种情况下:另一种膜形成腔(真空容器)连接到本发明的膜形成腔。

为了始终保持前述筒形部分的形状处于所希望的状态,起始和终端有支撑的递送滚轴 102 和 103 的每一个都包含一个递送速度检测装置和一个抗压强度检测装置(这两个检测装置都未画出来),用于检测和控制递送速度和张力。

关于前述微波施加装置(107 或 108)的构造将参考图 3 来阐述。

图 3 是用在本发明的 MW-PCVD 设备中微波施加装置典型实施例的结构剖面图。

数字 300 是一个微波施加器,从微波功率源(未画出)延伸过来的矩形波导管连接到这个微波施加器上。数字 305 是微波施加器 300 的外圆柱环形墙,数字 304 是其内环形墙。数字 309 是一个冷却空间,含有冷却介质如水、氟利昂、油或冷却的空气,这些介质能再循环。

数字 302 是一个微波透射部件,用固定环 306 固定在外圆柱环形墙 305 的一个端面上。

数字 301 是另一个微波透射部件,它被安放在前述微波透射构件 302 上,同时被用一个金属封闭构件 312 固定在内圆柱环形墙 304 上。冷却空间 309 的一个所述端面用所述的金属封闭构件 312 封闭起来。数字 310 是一个 O 型环,用于将所述冷却空间 309 的另一个端面封闭起来。微波透射构件 301 具有一对微波匹配圆形板 303a 和 303b,装在它的表面,含有通道 311 的阻波凸缘 307 被连接到外圆柱环形墙 305 的另一个端面。

数字 313 和 314 是两个孔,用来将已冷却的空气再循环送入微波施加器 300 的内侧以冷却所述的内侧。在微波施加器 300 的微波传播方向上,内侧的直径和内侧的长度被适当地决定,这样它就能起到波导管的作用。也就是说,希望内侧直径设计成这样:禁止频率变得比微波频率小,不过要尽可能地大,只要多数传输模在其中不能建立就行。希望所述的内侧长度设计成这样:在其中不能提供驻波。至于微波施加器 300 的内侧形状,并不限制它非是圆形的不可,它可以是棱形的。

设备的实施例 2

可能提出这样的情况,设备实例 1 中所示的设备被放在隔离容器中。

隔离容器能够取任何一种形状,只要它能够将图 1 所示的 MW-PCVD 设备封闭起来。其中包括:立方体形状,矩形的象平行导管一样的形状或者圆形的形状都是可选的。

在任何情况下,膜形成腔和隔离容器之间所保持的空间中要提供一个辅助的供气管,在其中,阀门气体(象稀有气体或氢气)通过所述的供气管送到上述的空间中以防止在其中发生放电。可以通过膜形成腔的排气管或者用独立的排气装置将上述的空间抽空。

设备的实例 3

能够对设备实例 1 所示的设备提出部分修正,其中,圆形微波施加器装置由梭形微波施加器装置来代替。

梭形微波施加器装置的截面尺寸可以和波导管的尺寸相等,也可以不同。

所述尺寸可以如所希望的那样大,只要多数模不能在其中建立就行。

设备的实例 4

能够对设备实例 2 所示的设备提出部分修正,其中圆形微波施加器装置由象设备实例 3 所描述一样的梭形微波施加器装置来代替。

设备的实例 5 和 6

能够对设备实例 1 所示的设备提出部分修正,对实例 2 所示的设备亦提出部分修正,其中每个实例中的圆形微波施加器装置由椭圆形微波施加器装置来代替。

设备的实例 7

能够提出一个包括设备实例 2 所示设备在内的 MW-PCVD 设备,它包括一个送出衬底腹板 101 的衬底馈送腔室 401 和一个卷收所述基板的空载腔室 402,如图 4 所示,所述的衬底馈送腔室通过气门 421 连接到一个隔离腔室 400,隔离腔室 400 中包含了图 1 所示的膜形成腔,所述的空载腔室 402 通过气门 422 连接到所述的隔离腔室 400。

正如图 4 所示,衬底馈送腔室 401 内有一个释放轮 403 和一个馈送滚轴 405,释放轮 403 上卷着衬底腹板 101。空载腔室 402 内有一个卷收轮 404 和一个馈送滚轴 406。401 和 402 每个腔室内都有一个温度控制机构 412 或 413,以对衬底腹板 101 加热或制冷,每个腔室还被提供有一个排气管 410 和 411,排气管上有槽形阀门 407 或 408 以调节抽空度。

腔室 401 和 402 的每一个都被提供有一个压力测量仪 414 和 415。

在衬底馈送腔室 401 中,能够提供一个合适的保护板馈送装置以在所传送衬底腹板的背面馈送一层保护板。类似地,在空载腔室 402 中,能够提供一个合适的保护板馈送装置以在衬底腹板 101 上所形成的腹的表面馈送一层保护板。作为这样的保护板,能够提出的是一层由耐热树脂制成的薄膜板,如聚酰亚胺树脂、多氟聚苯乙烯纤维或者一层薄玻璃布板。数字 416 和 417 是门气供气管。数字 418 和 419 分别是排气管,以排出门气,有时排出膜形成原料气体。

这里提及一个如图 6 所示的 MW-PCVD 设备,它是对设备实施例 4 所示设备的修改,即是在衬底供应室 401 和 MW-PCVD 设备 400 之间附加地设置一个如图 1 所示的同样的 MW-PCVD 设备 400a,在所述设备 400 和卸载室 402 之间也附加上一个如图 1 所示的同样的 MW-PCVD 设备 400b。这个设备适用于连续制出多层半导体器件。

在图 6 中,加有标记“a”或标记“b”的数字标号是用来区别单独设置的三种 MW-PCVD 设备 400, 400a, 400b。数字标号 601 至 604 表示气门,数字标号 605 至 608 的表示门气体供给管,数字标号 609 至 612 表示门气体排气管。

设备实施例 9 和 10

这里提及对设备实施例 7 中所述设备的部分修改和对设备实施例 8 中所述设备的部分修改,在这个实施例中的每一种情况下圆筒形微波施加器装置由在设备实施例 3 所述的设备中所使用的梭柱形微波施加器装置相同的装置来代替。

设备实施例 11 和 12

这里提及对设备实施例 7 中所述设备的部分修改和对设备实施例 8 中所述设备的部分修改,在这两个实施例中的每一种情况下圆筒形微波施加器装置用椭圆形微波施加器装置来代替。

设备实施例 13

这里提及图 8 所述的 MW-PCVD 设备,它包括了对设备实施例 4 所述设备的修改,其中,在衬底供应室 401 和 MW-PCVD 设备 400 之间附加地设置一个已知的射频等离子区 CVD 设备;在所述 400 和卸载室 402 之间也附加一个。这个设备适用于连续制出多层半导体器件。

在图 8 中, 数字标号 801 和 802 表示真空容器。数字标号 803 和 804 表示射频功率施加阴极。数字标号 805 和 806 表示进气管, 也可当作加热器。数字标号 807 和 808 表示用以对衬底 101 加热的卤灯。数字标号 809 和 810 表示阳极。数字标号 811 和 812 表示排气管。

设备实施例 14 和 15

这里提及在设备实施例 1 中所述的 MW-PCVD 设备的部分修改和对设备实施例 2 中所述的 MW-PCVD 设备的部分修改, 其中圆筒形微波施加器装置只连接到膜形成室的一侧面, 而另一侧面用前述的封闭金属部件来密封, 以防止微波能量的泄漏。

设备实施例 16

图 2 是本发明的具有偏压施加装置的 MW-PCVD 设备的典型实施例组成部分的透视图。衬底腹板 201 在箭头所示方向上连续地移动, 同时由一起始承载输送滚轮 202 和一终止承载输送滚轮 203 承载地弯曲和突出来实现的, 以提供一个圆柱部分, 成为具有膜形成空间的膜形成室 216 的圆周墙。所述圆柱部分的两侧部由一对承载输送环 204 和 205 支撑着, 所以所述圆柱部分的形状可保持在所希望的状态下。数字标号 206a 至 206c 是温度控制机构, 用以对基极 201 加热和冷却。它设置在移动中的衬底腹板 201 的所述圆周墙外表面之上。

温控机构 206a 至 206c 设计得使它们中的每一个都能够独立地工作 (这部分未画出)。数字标号 207 是微波施加器, 被连接到膜形成室 216 的一侧面。同样, 数字标号 208 是另一个微波施加器, 被连接到形成室 216 的另一侧面。微波施加器 207 和 208 的每一个都有各一个微波传输构件 209 或 210 装在它的端部, 这样它就将膜形成室 216 的端面密密地封闭起来。在图 2 中, 为了说清楚, 微波传输构件 209 以侧面被打开的状态来表示。微波施加器 207 和 208 的每一个通过矩形波导管 211 或 212 连接到微波电源 (图上未画出)。两个微波施加器 207 和 208 通过膜形成空间相对而立地设置, 这样, 包括所述两个矩形波导管 211 和 212 之一的长底在内的每个面都不会与包括所述滚轮 202 和 203 之一的中心轴在内的每个面在膜形成空间正交, 并且, 包括一个矩形波导管长边在内的面与包括另一个矩形波导管长边在内的面也不会生

成膜空间平行。

数字标号 213 表示偏压施加棒, 能用作进气管。偏压施加棒通过引线 220 在电气上接到偏压电源 219。

数字标号 218 是从气体罐 (未画出) 延伸过来的形成膜的原料气体供给导管。

进气管 218 通过一个绝缘接头 2217 连接到偏压供给管 213 上, 管 213 能用作进气管。构形成室 216 圆周墙的移动中的衬底腹板 201 在电气上是接地的。在优选实施例中, 所述圆周墙的整个内表面是均匀地接地的, 例如, 用一个电刷 (未画出) 使滚轮 202 和 203, 环 204 和 205 以及所述的圆周墙在电气上紧紧接触。数字标号 214 是排气管, 通过一个排气阀门 (未画出) 连接到排气泵 (未画出) 上。

数字标号 215a 和 215b 是两个隔离通道, 在另一种膜形成室 (真空容器) 连接到本发明的膜形成室的情况下使用。

起始和终止的承载输送滚轮 202 和 203 中的每一个都包括有一个输送速度检测装置和一个抗拉强度检测装置 (这两个装置未画出) 以检测和控制输送速度和抗拉强度, 使前述圆柱部分的形状始终保持所需的形状。

每个前述微波施加器装置 (207, 208) 的结构与设备实施例 1 中所描述的相同。

在以上描述的情况中, 图 15(a) 所示的组成结构被用作偏压施加装置。不过, 这可以用图 15 (b) 至图 15 (d) 中所示的任何一种组成结构来代替。

设备实施例 17

这里提及设备实施例 16 所述的设备放在一个隔离容器中。

隔离容器能取任何形状, 只要它能够将图 2 所示的 MW-PCVD 设备封闭起来。其中包括: 立方体形状、矩形的平行导管状的形状或圆筒形状都是可选用的。

在任何一种情况中, 在膜形成室 216 和隔离容器之间所保持的空间中要提供一个辅助的进气管, 在其中, 压力控制气体 (象稀有气体或氢气) 通过所述的进气管送到上述的空间中, 以防止在其中发生放电。上述空气可以通过形成室 216 的排气管或单独的排气装置抽真空。

每个前述微波施加器装置 (207, 208) 的结

构与设备实施例 1 中所描述的相同。

在以上描述的情况中, 图 15 (a) 所示的结构用作偏压施加装置。不过, 这可以用图 15 (b) 至图 15 (d) 所示的结构来代替。

设备实施例 18

这里提到对设备实施例 16 中所述的设备的部分修改, 其中圆筒形微波施加器装置用梭边形微波施加器装置来代替。

梭边形微波施加器装置的截面尺寸可以与波导管尺寸相同, 也可以不同。

如果需要所述的尺寸可以加大, 只要多模式不能在其中建立就行。

设备实施例 19

这里提到对设备实施例 17 中所述的设备的部分修改, 其中圆筒形微波施加器装置用设备实施例 18 中所描述的、相同的梭边形微波施加器装置来代替。

设备实施例 20 和 21

这里提到对设备实施例 16 中所述的设备的部分修改和对设备实施例 17 中所述设备的部分修改, 在每种情况中, 其中圆筒形微波施加器装置由椭圆形微波施加器装置来代替。

设备实施例 22

这里提及包括设备实施例 17 所述设备的 MW-PCVD 设备, 它包括一个用以释放衬底腹板 201 的衬底腹板供应室 501 和一个用以卷收所述衬底腹板的卸载室 502, 如图 5 所示。所述的衬底供应室通过气门 521 连接到一个包含图 2 所示膜形成室的隔离室 500; 所述的卸载室 502 通过气门 522 连接到隔离室 500。

每个前述微波施加器装置 (207, 208) 的组成结构与设备实施例 1 中所描述的相同。

在以上描述的情况中, 图 15 (a) 所示的组成结构用作为偏压施加装置。不过, 这可以用图 15 (b) 至图 15 (d) 中所示的任何一种组成结构来代替。

如图 5 所示, 衬底供应室 501 包含有其上卷绕的衬底腹板 201 的一个释放轮 503 和一个馈送滚轮 505, 卸载室 502 包含有一个卷收轮 504 和一个馈送滚轮 506。室 501 和 502 的每一个都有温度控制机构 512 或 513, 用以对衬底腹板 201 加热或冷却, 还有排气管 510 或 511, 管上有隙缝阀 507 或 508, 用以调节抽空度。

室 501 和 502 的每一个都有一个压力表 514 或 515。

在衬底供应室 501 中, 能够提供一个合适的保护板馈送装置, 用以对所传送衬底腹板的背面馈送一保护板。同样, 在卸载室 502 中, 能够提供一个合适的保护板馈送装置, 用以对衬底腹板 201 上形成的膜的表面馈送一保护板。作为这样的保护板, 这里提及一层由耐热树脂制成薄膜板, 如: 聚酰氨亚胺树脂、多氟聚乙烯纤维或在一层薄玻璃布板。数字标号 516 和 517 是门气体供给管。数字标号 518 和 519 分别是排气管, 用以排出入门气体, 有时排出生成膜的原料气体。

设备实施例 23

这里提及图 7 所示的 MW-PCVD 设备, 它包括对设备实施例 22 所述设备的修改。

MW-PCVD 设备包括: 第一个 ME-PCVD 设备 500a, 具有与图 2 所示相同的结构; 第二个 MW-PCVD 设备 500, 它包括对图 2 所示设备的部分修改, 其中, 图 15 (a) 所示结构的偏压施加装置由图 15 (b) 所示结构的偏压施加装置来代替; 以及第三个 MW-PCVD 设备 500b, 具有与图 2 所示相同的结构。

三个 MW-PCVD 设备的任何一个的偏压施加装置能够用图 15 (a) 至图 15 (d) 所示的结构中任选一个来代替。

在这个实例中, MW-PCVD 设备适用于连续制出多层半导体器件。

在图 7 中, 加有标记 "a" 或标记 "b" 的数字标号用来区别三个 MW-PCVD 设备 400, 400a, 400b。数字标号 701 至 704 是气门。数字标号 705 至 708 是门气供给管。数字标号 709 至 712 是门气排放管。数字标号 713 是进气管。

设备实施例 24 和 25

这里提及对设备实例 22 中所示的设备的部分修改和对设备实施例 23 中所述设备的部分修改, 在这两种情况的每一种中, 圆筒形微波施加器装置由设备实施例 18 所示设备中所用的相同的梭边形微波施加器来代替。

设备实施例 26 和 27

这里提及对设备实例 20 所示设备的部分修改和对设备实施例 21 所述设备的部分修改, 在这两种情况的每一种中, 圆筒形微波施加器装置由一个椭圆形微波施加器来代替。

设备实施例 28

这里提及图 9 所示的 MW-PCVD 设备, 它是对设备实施例 22 所述设备的修改, 其中, 在衬底腹板供应室 501 和 MW-PCVD 设备 500 之间附加设置一个已知的射频等离子 CVD 设备, 还在所述设备 500 和卸载室 502 之间附加设置一个这样设备, 该设备适用于连续制出多层半导体器件。

在图 8 中, 数字标号 901 和 902 是真空容器, 数字标号 903 和 904 是射频功率施加阴极, 数字标号 905 和 906 是进气管, 也能当作加热器, 数字标号 907 和 908 是对衬底腹板 201 进行加热的卤灯, 数字标号 909 和 910 是阳极, 数字标号 911 和 912 是排气管。

在以上描述的情况中, 图 15 (a) 所示的结构当作偏压施加装置, 不过它可以由图 15 (b) 至图 15 (d) 中任何一个所示的结构来代替。

设备实施例 29 和 30

这里提及对设备实施例 16 所述的 MW-PCVD 设备的部分修改和对设备实施例 17 所述的 MW-PCVD 设备的部分修改, 其中圆筒形微波施加器装置只连接到膜形成室的一侧, 而其另一侧面则用前述的密封金属件封闭起来, 以防止微波能量的泄漏。

其它的设备实施例

除了上面提出的那些实施例之外, 这里还提及其它的设备实施例, 如下所述:

(1) 对设备实施例 8 中所描述的 MW-PCVD 设备的修改, 其中, 每个隔离容器 400, 400a 和 400b 用一个或两个前述不同形状的微波施加器装置来提供。

(2) 对设备实施例 8 中所描述的 MW-PCVD 设备的修改, 其中, 三个室单元重复二次或三次。

(3) 对设备实施例 8 中所描述的 MW-PCVD 设备的修改, 其中附加上一个已知射频等离子 CVD 设备的三个室单元重复二次或三次。

(4) 对设备实施例 1 或 2 中所描述的 MW-PCVD 设备的修改, 其中, 将两个或多个微波施加器装置提供给膜形成室的每个侧面, 以提供一个比较大的微波等离子区, 其结果是生成比较厚的半导体膜而不必改变衬底腹板的输送速度。

(5) 对设备实施例 23 中所描述的 MW-PCVD 设备的修改, 其中, 每个隔离容器 500, 500a, 500b 由一个或两个前述不同形状的微

波施加器装置来提供。

(6) 在设备实施例 23 中所描述的 MW-PCVD 设备的修正, 其中, 三个箱室单元重复二次或三次。

(7) 对设备实施例 2 中所描述的 MW-PCVD 设备的修正, 其中, 附加上已知的射频等离子 CVD 设备的三个室单元重复二次或三次。

(8) 对设备实施例 16 或 17 中所描述的 MW-PCVD 设备的修改, 其中, 将两个或多个微波施加器装置提供给膜形成室的每个侧面, 以提供一个比较大的微波等离子区, 其结果是生成比较厚的半导体膜, 而不必改变衬底腹板的输送速度。

按照本发明, 不同类型的半导体器件可连续而有效地制成。

作为这些半导体器件的典型代表例子, 这里提及图 12 (a)、图 12 (b)、图 12 (c) 和图 12 (d) 所示结构的太阳能电池。

图 12 (a) 中所示的太阳能电池是光从透明电极 120b 那一侧射入类型的。

图 12(a)中所示的太阳能电池 1200 包括一个衬底 1201、一个下部电极 1202、-n 型半导体层 1203、-i 型半导体层 1204、-p 型半导体层 1205、一透明电极 1206 和一个梳状收集电极 1207。

图 12 (b) 中所示的太阳能电池 1200' 是光从透明电极 1201 那一侧射入类型的。

图 12(b)中所示的太阳能电池 1200' 包括一透明电极 1201、一透明电极 1206、-p 型半导体层 1205、-i 型半导体层 1204、-n 型半导体层 1203 和一个下部电极 1202。

图 12(c)所示的太阳能电池是一种所谓的串级型的, 包括一个第一 PIN 结光生伏打单元 1211 和具有在带隙或 / 和层厚方面不同于前述元件 1211 的 i 型层的第二 PIN 结光生伏打单元 1212, 两个单元 1211 和 1212 从衬底 1201 的那一侧依次叠起来。对于这个太阳能电池, 光是从透明电极 1206 的那一侧射入的。

图 12(C)所示的串级型太阳能电池包括一个衬底 1201、要一个下部电极 1202、第一光生伏打单元 1211 (它包括 -n 型半导体层 1203、-i 型半导体层 1204 和一个 p 型半导体层 1205), 第二光生伏打单元 1212 (它包括 -n 型半导体层 1208、-i 型半导体层 1209 和一个 p 型半导体层

1210), 一个透明电极 1206 和一个梳状收集电极 1207。

图 12 (d) 所示的太阳能电池是所谓的三单元型的。它包括第一 PIN 结光生伏打单元 1220、第二 PIN 结光生伏打单元 1221 和第三 PIN 结光生伏打单元 1222。这三个单元 1220、1221 和 1222 从衬底 1201 的那一侧依次叠起来。其中, 所述的三个单元中的每一个单元的 i 型层在带隙或 / 和层厚方面是互不相同的。对于这种太阳能电池, 光从沉积在顶部单元 (第三光生伏打 1222) 上的透明电极 1206 的那一侧射入的。

图 12 (d) 所示的太阳能电池包括一个衬底 1201、一个下部电极 1202、第一光生伏打单元 1220 (它包括一个 n 型半导体层 1203、一个 i 型半导体层 1204 和一个 p 型半导体层 1205)、第二光生伏打单元 1212 (它包括一个 n 型半导体层 1214、一个 i 型半导体层 1215 和一个 p 型半导体层 1216)、第三光生伏打单元 1222 (它包括一个 n 型半导体层 1217、一个 i 型半导体层 1218 和一个 p 型半导体层 1219)、一个透明电极 1206 和一个梳状收集电极 1207。

对于上述太阳能电池中的任何一种, n 型半导体层的位置可以由 p 型半导体层来代替。

下面将阐述本发明的 PIN 结光生伏打元件中的衬底、每个组成部分的半导体层和每个组成部分的电极。

衬底:

作为衬底腹板 (图 12 中的衬底 1201) 希望使用那种可按要求弯曲以提供上述圆柱形部分作为膜形成腔的圆周墙。该衬底可以是导电的或是电绝缘的, 它可以是透明的, 或是不透明的, 在制造光从衬底一侧入射进去的太阳能电池时, 该衬底腹板必须是透明的, 具体地说, 如前所述, 这些腹板部件可以有选择地使用, 根据本发明, 当衬底腹板用作制造上述太阳能电池的衬底时, 能在改进气体的利用率和产量下大量生产任何一种上述太阳能电池。

电极:

对于由本发明提供的太阳能电池, 根据要制造的太阳能电池的结构, 选用适当的电极, 作为这样的电极, 此处称为下部电极、上部电极 (透明电极) 以及集电极, 所述的上部电极是指置于光入射面上的电极, 所述的下部电极是指跨过上下两电极

之间的半导体层与上部电极相对的面上放置的电极。

下面对这些电极予以说明。

(i) 下部电极

对于本发明的 PIN 结构光电元件, 依据是否使用透明元件还是不透明元件作衬底 1201 来确定光的入射面。

在这种结合方式中, 根据所用衬底 1201 的类型适当地确定下部电极 1201 所放置的位置, 例如, 在用如金属元件那样不透明元件作衬底 1201 时, 产生光电电动势的光从透明电极 1206 一侧射入。

于是, 在太阳能电池具有如图 12(a), 12(c) 及 12(d) 所示结构时, 把下电极淀积在衬底 1201 及 n 型半导体层 1203 之间。

在图 12(b) 情况下, 用透明元件作衬底 1201, 并且光从衬底 1201 这一侧入射, 在这种结合方式中, 起输出光电流作用的下部电极 1202 被置于衬底 1201 的上面的半导体层的上表面上, 在用绝缘元件作衬底 1201 时, 起输出光电流作用的下部电极被放置在衬底 1201 与 n 型半导体层 1203 之间。

电极 1202 可以是从小组 Ag、Au、Pt、Ni、Cr、Cu、Al、Ti、Zn、Mo 以及 W 组成的小组中选出的金属的薄膜, 使用已知的真空电极技术、电子束淀积技术或反应溅射技术, 适当地形成上述金属薄膜。但是对于光电元件来说, 考虑到这种形成的金属薄膜应是无阻元件, 在这方面, 构成电极 1202 的金属薄膜希望具有片电阻 50Ω 或小于 50Ω 为好, 最好具有 10Ω 或低于 10Ω 。

另外, 可以在下部电极 1202 及 n 型半导体层 1203 之间放上一层由导电材料如氧化锌构成的阻扩散层 (图中未示出)。

用上述方式放置该阻扩散层时, 其优点如下: (a) 它可以阻止构成电极 1202 的金属元素扩散到 n 型半导体层 1203 内; (b) 因为有一定的阻值, 所以可以避免短路, 否则由于针孔及其类似东西在下部电极 1202 及透明电极 1206 之间出现穿透上下电极间的短路, 以及 (c) 它还起到与薄膜形成多次干涉作用并在光射入光电元件里时把它限制住。

(ii) 上部电极 (透明电极)

希望透明电极 1206 的透光率高于 85%, 因此

它起到让半导体层有效地吸收阳光或荧火的作用。此外,从防止光电元件内阻变得太大即破坏其性能出发,希望电阻为 100Ω 或低于 100Ω 。

根据上述,希望透明电极 1206 包括从 SnP_2 , In_2O_3 , ZnO , CdO , CdO_2SnO_2 以及 ITO ($\text{In}_2\text{O}_3+\text{SnO}_2$) 的一组中选出的一种氧化物的薄膜或从 Au , Al , Cu 的这一组中选出的一种金属的半透明薄膜。

在图 12 (a)、12 (c) 及 12 (d) 的情况下,把透明电极 1206 淀积在 P 型半导体层 1205 上,而在图 12 (b) 情况下,它被淀积在衬底 1201 上。

在任一种情况下,都必须用上述选出的与该半导体层或衬底附着得极好的薄膜成份构成透明电极 1206。

包括这种薄膜的透明电极 1206 可以用已知的电阻加在淀积技术、电子束加热淀积技术、反应溅射技术或喷涂技术来形成。

(iii) 集电极

本发明的太阳能电池的收集电极 1207 被淀积在透明电极 1206 上,其目的是为了减少该透明电极的表面电阻。

希望收集电极 1207 包括 Ag , Cr , Ni , Al , Ag , Au , Ti , Pt , Cu , Mo , W 或其合金的金属薄膜,可以用包括多种这样的金属薄膜堆积的元件来构成收集电极 1207。

要适当地设计收集电极 1207 的形状及面积以便足够的光射到半导体层。

就形状来说,希望在光电元件的整个光接收面上均匀分布,至于面积,在光接收区的优选实施例中希望相当于 15% 或以下,或在最佳施实例中相当于 10% 或以下。

构成收集电极 1207 的元件希望其片电阻为 50Ω 或以下为好,最好在 10Ω 或以下。

i 型半导体层:

上述任何一种太阳能电池的 i 型半导体层可由合适的无掺杂的半导体膜来形成。

可用作这种无掺杂半导体膜是所谓第 IV 族半导体膜或第 IV 组半导体合金膜如 $\alpha\text{-Si}:\text{H}$, $\alpha\text{-Si}:\text{F}$, $\alpha\text{-Si}:\text{H}:\text{F}$, $\alpha\text{-SiC}:\text{H}$, $\alpha\text{-SiC}:\text{F}$, $\alpha\text{-SiC}:\text{H}:\text{F}$, $\alpha\text{-SiGe}:\text{H}$, $\alpha\text{-SiGe}:\text{F}$, $\alpha\text{-SiGe}:\text{H}:\text{F}$, 多晶 $\text{Si}:\text{H}$, 多晶 $\text{Si}:\text{F}$, 多晶 $\text{Si}:\text{H}:\text{F}$ 的膜等。

除了这些半导体膜之外,所谓第 II-IV 组或第 III-V 组的化合物半导体膜也可使用。

n 型半导体膜及 p 型半导体膜:

在用 n 型杂质的 i 型半导体层情况中,所说的任何膜掺杂所得的 n 型半导体膜可以构成上述任何太阳能电池的 n 型半导体层。

同样,在用 p 型杂质的 i 型半导体层情况中,所说的由任何膜掺杂所得的 p 型半导体膜都可构成上述任何太阳能电池的 p 型半导体层。

参照下面的膜形成实例,更详细地说明本发明的特点和效果。

但是,应当注意,本发明绝非仅限于这些实例。

膜形成例 1

用前面的装置施实例 7 中所述的 MW-PCVD (微波等离子体化学气相淀积) 装置 (图 4), 将非晶硅膜连续地淀积在一个面积大而冗长的衬底腹板上。

其上绕着由宽 45cm, 厚 0.25mm 长 200m 的 SUS430BA (不锈钢) 制作的干净的衬底腹板 101 的释放轴 (reel) 403 安置在衬底供应室 401 里, 衬底腹板 101 从释放轴放出, 它穿过气门 421, 隔离罐 400 的传送机构, 以及气门 422, 并把它固定在卸载室 402 的卷收轴 404 上, 其中调节衬底腹板不要有任何松的部分。

成为膜形成腔的圆周墙的圆柱部分的尺寸以及上述间距 L 如表 9 所示, 作为对微波施加器装置这里使用表 9 所示的一种情况。首先用旋转泵 (未示出) 分别把衬底供应室 401, 隔离罐 400 以及卸载室 402 抽真空, 然后用机械增压泵 (未示出) 分别把这三个室抽空到 10-3 托。

用隔离罐 400 里的温度控制机构 105a 及 106b 把衬底腹板 101 加热到 250°C 左右并保持在该温度。用油矿散泵 (未示出) 使隔离罐内的内部压力调到真空度低于 5×10^{-6} 托。此后, SiH_4 气、 SiF_4 气以及氢气经进气管道 (未示出) 分别以流速 450sccm, 5sccm 以及 100sccm (每秒立方厘米) 送入膜形成空间。调节排气管 420 上的隙阀 409 的开启度来控制膜形成空间的气压到 5mTorr (毫托) 并保持在 5 毫托。当二种气体的流速及气压分别达到稳定之后, 将微波能的电流接通, 通过一种微波施加器装置 107 和 108 以有效功率 0.85kw (X2), 向膜形成空间辐射微波能量 (2.45GHz), 使室内

出现放电,从而在膜形成空间里形成等离子区,在这种情况下,没有等离子区泄漏出隔离容器 400。并且没有微波能量发生泄漏,然后用驱动机构(图中未画出)分别让起始的和终止的承载传送轮 102 及 103 以及一对承载传送环 104 及 105 开始转动,以 0.6m/min 的速度输衬送底腹板。

并且把作为入门气体的氢气以 50sccm 的流速经门气体供气管 416 及 417 送入气门 421 及 422,并且气门 421 及 422 用油扩散泵经排气管 418 及 419 抽真空,使其内的真空度达到并保持在 1 毫壬。

膜的形成约用 30 分钟,由于用了冗长的衬底腹板,因此在完成了本例的膜形成之后,接着作下一个膜。本例的膜形成完了之后,卷在卷收轴上的衬底腹板 101 由卸载室 402 里的温控机构冷却,从卸载室 402 里取出该衬底腹板。

此后,对本例淀积在衬底腹板 101 上的膜测试其横向和纵向上的厚度分布率。结果发现,该厚度分布率在 5% 以内,作为淀积速率的测试结果,可以发现,平均速率为 125\AA/sec 。还有,用常规的反射法检查从衬底腹板上切下来的膜样品的红外吸收光谱,发现可辨别的峰值 2000cm^{-1} 以及 630cm^{-1} 处这表示是 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜。同样,用 RHEED (商品名 TEM-100SX, JEOL 公司的产品) 测试该膜样品的结晶度,该膜样品呈现出晕轮图案,并发现它是非晶质的,再有,用 EMGA-100 型氢含量分析仪 (Horiba, Seisakusho Kabushiki Kaisha 的产品) 测试膜样品中的氢原子含量,结果发现其值为 20 ± 2 原子百分比。

膜形成例 2

在完成膜形成例 1 的膜形成之后,停止输入所用气体,用与膜形成例 1 中一样的方式把隔离罐 400 抽真空,使其内部的真空度低于 5×10^{-6} 壬。除了把 SiH_4 气体, GeH_4 气体, SiF_4 气体以及氢气分别以流速 100sccm , 80sccm , 3sccm 及 100sccm 送入膜形成空间;膜形成空间的真空度保持在 10 毫壬;微波能的功率为 $0.5\text{kw}(X_2)$,衬底腹板以 30cm/分 的输送速率移动之外,重复膜形成例 1 的膜形成的工艺过程,从而在衬底腹板上形成非晶 Si-Ge 膜,然后,用与膜形成例 1 中一样的方式取出由此得到膜。对于由此得出的膜,以与膜形成例 1 相同的方式分别测试;横向和纵向膜厚分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度以及氢含

量,其结果如下:膜厚度分布率:在 5% 以内,淀积速率:平均为 49\AA/sec ;红外吸收光谱:可辨峰值 2000cm^{-1} , 1880cm^{-1} , 以及 630cm^{-1} 处,这表明是 $\alpha\text{-Si:Ge:H:F}$ 膜;结晶度:晕轮图案,这表明是非晶质膜;氢含量: 15 ± 2 原子百分比。

膜形成例 3

完成膜形成例 2 的膜形成后,停止输入所用气体,用为制膜例 1 一样的方式把隔离罐 400 抽真空,使其内的真空度低于 5×10^{-6} 。

除了把 SiH_4 气体, CH_4 气体, SiF_4 气体以及氢气分别以流量 140sccm , 20sccm , 5sccm 及 300sccm 送入膜形成空间,膜形成空间的气压保持在 22 毫壬,以及微波能的功率为 $1.1\text{kw}(x2)$ 之外,重复膜形成例 1 中的膜形成工艺过程,因此在衬底腹板上形成非晶质的碳化硅膜。

用与膜形成例 1 中一样的方式取出由此得出的膜。

用与膜形成例 1 中一样的方式分别测试该膜的膜厚度在横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度以及氢含量。

得到的结果如下:膜厚度分布率:5% 以内;淀积速率:平均为 42\AA/sec 。红外吸收光谱:可辨峰值在 2080cm^{-1} , 1250cm^{-1} , 996cm^{-1} , 777cm^{-1} 和 660cm^{-1} 处,这表明是 $\alpha\text{-SiC:H:F}$ 膜;结晶度:晕轮图案,这表明它是非晶质膜;氢含量为 14 ± 2 原子百分化。

膜形成例 4

完成膜形成例 3 的膜形成过程之后,停止输入所用气体,用与膜形成例 1 一样的方式把隔离罐 400 抽真空,使其内的真空度小于 5×10^{-6} 壬。

除了把 SiH_4 气体, BF_3 气体(用 H_2 气稀释到 3000ppm) SiF_4 气体以及氢气分别以流量 220sccm , 40sccm , 25sccm 及 600sccm 送入膜形成空间,膜形成室的气压保持在 7 毫壬,微波能的功率为 $1.2\text{kw}(x2)$ 之外,重复膜形成例 1 的膜形成工艺过程,由此在衬底腹板上形成 P 型结晶硅膜。

用与膜形成例 1 一样的方式把由此得出的膜取出。

用与膜形成例 1 一样的方式分别测试该膜的膜厚沿横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度以及氢含量。

得到的结果如下:膜厚分布率:在 5% 以内;淀积速率:平均为 60\AA/sec 。红外吸收光谱:可

辨峰值在 2100cm^{-1} 及 630cm^{-1} 处, 这表明是微晶 Si:H:F:B 膜, 结晶度: 环形图案, 表示是一种无定向多晶膜, 氢含量: 4 ± 2 原子百分比。

膜形成例 5

完成膜形成例 4 的膜形成过程后, 停止输入所用气体, 用于膜形成例 1 中一样的方式把隔离罐 400 抽真空, 使其内的真空达到小于 5×10^{-6} 托。

除了把 SiH_4 气体、 PH_3 气体 (用氢气稀释到 1%)、 SiF_4 气体以及氢气分别以流量 320sccm, 27sccm, 5sccm, 及 50sccm 送到膜形成空间; 膜形成空间的气压保持在 8 毫托, 微波能的功率为 0.8kw(x2) 之外, 重复膜形成例 1 中的膜形成工艺过程, 由此在衬底腹板上形成 n 型非晶硅。

用与膜形成例 1 中一样的方式取出由此得到的膜。

用与膜形成例 1 中一样的方式分别测试该膜的膜厚沿横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度及氢含量。

所得结果如下: 膜厚分布率: 在 5% 以内, 淀积速率: 平均为 $86\text{\AA}/\text{sec}$; 红外吸收光谱: 可辨峰值在 2000cm^{-1} , 及 630cm^{-1} 处, 这表明 $\alpha\text{-Si:H:F:P}$ 膜, 结晶度, 晕轮图案, 这表明是非晶膜; 氢含量: 22 ± 2 原子百分比。

膜形成例 6

除了用由宽 45mm、厚 0.9mm 长 100mm 的聚苯二甲酸乙二醇酯构成的衬底腹板 (以下称为 PET 衬底腹板) 代替原衬底腹板以及让该 PET 衬底腹板组成的膜形成腔的圆周墙保持在 210°C 之下, 重复膜形成例 1 的膜形成工艺过程, 由此在 PET 衬底腹板上形成非晶硅膜。

用与膜形成例 1 中一样的方式取出由此得到的膜。

用与膜形成例 1 中一样的方式分别测试该膜的膜厚沿横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度和氢含量。

得到如下结果: 膜厚分布率: 在 5% 以内, 淀积速率: 平均速率为 $120\text{\AA}/\text{sec}$; 红外吸收光谱: 可辨峰在 2000cm^{-1} 及 630cm^{-1} 处, 这表明是 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜, 结晶度: 晕轮图案, 表明是非晶膜; 氢含量: 25 ± 2 原子百分比。

把在 PET 衬底腹板上形成的上述膜切开, 得到 20 个膜样品。

用常规的热电阻蒸发法在每个样品上镀上一个

宽 250 μm 、长 5mm 的铝梳状隙缝电极。为了得到亮导电率 $\sigma_p(\text{s}/\text{cm})$ 和暗导电率 $\sigma_d(\text{s}/\text{cm})$, 用 HP4140B 测量在 AM-1 灯 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 辐照下的样品的亮电流和在黑暗状态下的暗电流。

结果是 20 个样品的每一个的亮导电率都在 $(5.5 \pm 0.5) \times 10^{-5} \text{s}/\text{cm}$ 范围内, 20 个样品的每一个的暗导电率都在 $(1.5 \pm 0.5) \times 10^{-11} \text{s}/\text{cm}$ 范围内。

膜形成例 7

在该例中, 用图 4 所示的 MW-PCVD 装置制造结构如图 11 所示的肖特基结型二极管。

图 11 中所示的肖特基结型二极管包括衬底 1101, 下部电极 1102, n+型半导体层 1103, 非掺杂半导体层 1104, 金属层 1105 以及一对电流输出端子 1106 及 1107。

首先, 提供一个连续溅射装置, 并且用与膜形成例 1 中一样的方式把 SUS430BA 衬底腹板装在该装置内, 在其内用 Cr 靶 (纯度 99.98%) 在该衬底腹板的表面上厚为 1300 \AA 的 Cr 膜作为下部电极。

然后, 用与膜形成例 1 中一样的方式把上面有了铬层衬底腹板放到图 4 所示的 MW-PCVD 装置里, 其中该衬底腹板应这样放置, 其上形成铬层的面朝下。在起始的和终止的承载传送轮之间提供间距 L 如表 9 所示。表 9 所列数据用于每对微波施加器装置。(表 9 见文后)

衬底供应腔 401、隔离罐 400、卸荷腔都要预先分别用旋转真空泵抽真空 (未示出), 然后用机械增压泵 (未示出) 分别把这三个容器的真空度抽到 10^{-3} 托左右。

用隔离罐 400 内的温控装置 106a 及 106b 把衬底加热到 250°C 并保持在这一温度下。

利用油扩散泵 (图中未画出) 调节隔离罐的内部压力, 使其真空度低于 5×10^{-6} 托。

然后把 SiH_4 气体、 SiF_4 气体、 PH_3/H_2 气体 ($=1\%$) 以及 H_2 气经进气管 (未示出) 分别以流量 300sccm、4sccm、55sccm 以及 40sccm 送到膜形成空间。调节排气管 420 上的隙缝的开启度来控制膜形成空间气压并让它保持在 5 毫托左右。

在四种气体的流速及气压都稳定之后, 接通微波能电源 (未示出), 由一对微波施加器装置 107 及 108 向膜形成空间以有效功率 0.8kw(x2) 辐射微波能 (2.45GHz), 其内出现放电, 从而在膜形成

空间里形成等离子区。然后,分别用驱动机构(未画出)让起始和终止的承载输送轮 102 和 103 以及一对承载输送的环 104 和 105 分别地开始转动,以 $60\text{cm}/\text{min}$ 的速度从图 4 中的左方向右方输送衬底腹板 5 分钟。在这种情况下,把作为入门气体的氢气以 50sccm 的流速经入门气体供给管 416 及 417 送入气门 421 及 422。用油扩散泵(未示出)经排气管 418 及 419 把气门 421 及 422 抽真空,使其内的真空达到并保持在 1.5 毫托。

结果,当在衬底腹板上预先形成了作为下部电极 1102 的铬层上形成掺 P 的 n+型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为 n+型半导体层,然后,暂停施加微波能和输入膜形成的原料气体,并停止输送衬底腹板。

然后,把隔离罐 400 抽真空,真空度低于 5×10^{-6} 托。

按照上面的膜形成工艺过程,把 SiH_4 气体、 SiF_4 气体以及 H_2 气体分别以流量 320sccm , 6sccm , 60sccm 送到膜形成空间,膜形成空间的气压保持在 6 毫托。然后把微波能 (2.45GHz) 以有效功率 $0.7\text{kW}(x2)$ 辐射到膜形成空间里。在微波等离子体产生时,把衬底腹板以 $60\text{cm}/\text{sec}$ 的速度从右向左移动。膜形成持续 5.5 分钟完成。

结果,在预先形成的 n+型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜上形成了非掺杂 n+型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为非掺杂半导体层 1104。

完成上述膜形成之后,停止加微波能,停止输入膜形成的原料气体和停止输送衬底腹板,排除隔离罐 400 里的剩余气体,在衬底腹板冷却到室温时,把衬底从衬底供应腔 401 里取出,该腔在最后的膜形成时作为卸荷室。

把其上叠了上述三层的衬底腹板任意切碎成 10 个尺寸一样大小的样品。

用电子束蒸发法在这十个样品的每一个上镀上一层厚 80\AA 金属作为金属层 1105。然后用导线连接器把一对电流输出端子 1106 及 1107 制在其上。

用 HP4140B 测试每个样品的二极管特性。

结果,十个样品的每一个都呈现出所需的二极管系数 ($n=1.2 \pm 0.05$) 以及 $\pm 1\text{V}$ 的整流比约为 6 位数字。从所得结果看到,十个样品中的任何一个都超过肖特基结型二极管所需的二极管特性。

膜形成例 8

在该例中用图 6 所示的三个膜形成室式的 MW-PCVD 装置制造一种如图 12 (a) 所示结构的 PIN 结型光电元件。

这里使用 PET 衬底腹板作为图 6 中的衬底腹板 101。

把 PET 衬底腹板放在连续溅射装置里,在其内由溅射银靶 (99.99%) 在该衬底腹板上形成厚为 1000\AA 的银膜作为导电层。随后,用溅射 ZnO 靶 (99.99%) 在已形成的银膜上形成一个厚为 $1.2\mu\text{m}$ 的 ZnO 膜作为下部电极 1202。

把这个已叠层上了银薄膜的 ZnO 薄膜的衬底腹板用与膜形成例 1 中一样的方式放到具有如图 6 所示结构的膜形成室式的 MW-PCVD 装置里。

这时隔离罐 400 里的圆柱形部分的内径尺寸为 20cm , 如表 10 所示, 同样隔离罐 400a 及 400b 的圆柱形部分的内径大小为 10cm 及 9cm , 表 10 所列情况用于隔离罐 400 里的膜形成室的每对微波施加器装置 107 及 108。同样表 11 所列数据用于装在隔离罐 400a 里的膜形成室内的各对微波发生装置 107a 及 108a; 以及隔离罐 400b 里的每对微波发生装置 107b 及 108b。(表 10 见文后)

在分别处于用于隔离容器 400a 及 400b 的表 11 条件下的三个容器的每一个都有微波放电,在三个膜形成室的每一个的放电状态都达到稳定时,衬底腹板开始以 $55\text{cm}/\text{min}$ 的输送速度从左向右移动。因此,以与膜形成例 7 中一样的方式,连续地在移动的衬底上,分别在表 11 所示条件下,在隔离室 400a 的膜形成室里形成掺磷的 n 型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为 n 型半导体层 1203。在表 10 所列条件下在隔离室 400 的膜形成室里形成非掺杂 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为 i 型半导体层 1204 以及在表 11 所列膜形成条件下在隔离罐 400b 的膜形成室里形成掺硼的 P+型微晶 Si:H:F 膜作为 P 型半导体层 1205。

在由上述 ZnO 薄膜构成的下部电极上层叠了上述 n 型、i 型及 P+型半导体层的衬底腹板在卸载室 402 里冷却到室温后把它取出。把该衬底腹板装到反应溅射装置里,在这里在衬底腹板上形成 700\AA 厚的 ITO 膜作为透明电极 1206。然后,把产品切成多个样品,每个大小为 $35\text{cm} \times 70\text{cm}$ 。然后用电子束蒸发法对所得的每个样品于其表面镀上一个由厚为 $1\mu\text{m}$ 的银膜构成的梳状收集电极。

这样,得到多个 PIN 结型太阳能电池组件。

对于每个样品, 在 AM1.5m 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 照射下评估其光电特性。结果, 每个组件的光电转换效率都大于 8.3%。这些组件间的特性的不均匀性在 5% 以内。

此外, 用 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 连续地照射每个组件 500 小时, 并测试其光电转换率。结果, 对于所有组件其开始时的光电转换率与照射 500 小时后的转换效率间的差在 10% 以内。

把这些组件适当地组合在一起可得到一个电源系统。得到这些合成系统的输出功率为 3kw。

膜形成例 9

除了代替作为 i 型半导体层的 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 之外, 重复膜形成例 8 中的过程来制造一种结构如图 12 (a) 所示的 PIN 型光电元件, 用与膜形成例 2 中一样的方式形成非掺杂 $\alpha\text{-SiGe:H:F}$ 膜, 其中衬底腹板保持在 200°C , 并且以 $52\text{cm}/\text{min}$ 的输送速率移动衬底。

用与膜形成例 8 中一样的方式加工由此得到的产品。这样, 得到多个太阳能电池模件。

在 AM1.5 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 的灯照射下测量每个样品的光电特性。结果每个组件的光电转换效率都大于 7.3%。它们中间的特性不均匀性在 5% 以内。

另外用 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 把每个模件连续地照 500 小时, 并检查其转换效率, 结果是对所有模件来说, 其最初的光电转换效率与光照 500 小时后的转换效率之间的差在 5% 以内。

把这些组件适当地组合在一起, 可得到一个电源系统。这种合成系统的输出功率大于 3kw。

膜形成例 10

除了代替作为 i 型半导体层的 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜之外, 重复膜形成例 8 的过程制造一种 PIN 结光电元件, 用与膜形成例 3 中一样的方式形成非掺杂 $\alpha\text{-SiC:H:F}$ 膜, 其中衬底腹板保持在 200°C , 并且以 $50\text{cm}/\text{min}$ 的输送速度移动衬底腹板。

用与膜形成例 8 中的一样方式加工这个由此得出的产品, 由此得到多个太阳能电池模件。

在 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 的照射下评估它们的光电特性。如果每个组件的光电转换效率都大于 6.6%, 它们当中的特性的不均匀性在 5% 以内。

另外, 用 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 把每个模件连续照 500 小时, 并检查它们的光电转换

效率, 结果是对所有组件其最初的光电转换效率与光照 500 小时后的效率之间的差在 10% 以内。

把这些模件加以适当的组合可得到一个电源系统。这种合成系统的输出功率约为 3kw。

膜形成例 11

在该例中, 用图 6 所示的三个膜形成室式的 MW-PCVD 装置的改进形式制造一种结构如图 12 (c) 所示的光电元件, 其中另外分别把与隔离罐 400a 相当的第一隔离罐 400a', 与隔离罐 400 相当的第二隔离罐 400' 以及与隔离罐 400b 相当的第三隔离罐 400b' 放在隔离罐 400b 及卸载室 402 之间, 并用气门把这三个隔离罐彼此连在一起。

用与在膜形成例 1 中用的一样的 SUS430BA 作的衬底腹板作衬底腹板 101。

首先用与膜形成例 8 中一样的方式在衬底腹板表面上镀上一层厚为 $1.2\mu\text{m}$ 的 ZnO 膜作为下部电极 1202。

然后把该衬底腹板放到上述改进过的六个膜形成室式的 MW-PCVD 装置中, 在表 12 所列条件下以膜形成例 9 中一样的方式利用以隔离罐 400a 及 400b 构成的第一单元形成下部单元 1211, 并在表 12 所列条件下以与膜形成例 8 一样的方式, 利用由隔离罐 400a', 400' 及 400b' 构成的第二单元上形成上部单元 1212。

用与膜形成例 8 中一样的方式, 对上述产物于其最上一层的表面上镀一层作为透明电极的 ITO 薄膜。

把这样得到的最后产物切成尺寸为 $35\text{cm} \times 70\text{cm}$ 大小的多个样品。

以与膜形成例 8 中一样的方式对每一样品在其作为透明电极 1206 的 ITO 膜的表面上镀上一个作为收集电极的梳状银膜。

由此得到许多 PIN 结型太阳能电池。

对于每个样品, 在 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 照射下评价其光电特性, 结果是每个组件的光电转换效率都大于 10.3%, 组件间的特性的不均匀性在 5% 以内。

此外, 用 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 连续地照射每个模件 500 小时, 并检查其光电转换效率, 结果是, 对所有组件其初始光电转换效率与光照 500 小时后的光电转换效率的差在 9% 以内。

把这些模件适当地组合可得到一个电源系统, 这种合成系统的输出功率约为 3kw。

膜形成例 12

在该例中, 用与膜形成例 11 中一样的六个膜形成室式 MW-PCVD 装置制造一种光电元件。

这里用与膜形成例 1 中用的一样的 SUS430BA 作的衬底腹板作为衬底腹板 101。

用与膜形成例 8 中一样的方式先在衬底腹板表面镀上一层作为下部电极 1202 的厚为 $1.2\mu\text{m}$ 的 ZnO 膜。

然后把该衬底腹板放在 6 个膜形成室式的 MW-PCVD 装置。用与膜形成例 8 一样的方式, 在表 13 所列条件下利用由隔离罐 400a, 400 及 400b 组成的第一单元形成下部单元 1211 并且以与膜形成例 10 中一样的方式在表 13 条件下利用由隔离罐 400a', 400' 及 400b' 组成的第二单元形成上部单元 1212。(表 13 见文后)

用与膜形成例 8 中一样的方式在该产物的最上一层的表面镀上一层作为透明电极的 ITO 薄膜。

把这样得到的产品均分成大小为 $35 \times 70\text{cm}$ 的多个样品。

对于每一样品用与膜形成例 8 一样的方式在作为透明电极 1206 的 ITO 膜的表面上镀上一层作为收集电极 1207 的梳状银膜。

因此得到许多 PIN 结型太阳能电池组件。

对于每个模件在 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 照射下评定其光电特性。结果是每个模件的光电转换效率都大于 10.2%, 模件间的特性的不均匀性在 5% 以内。

其次用 AM1.5 的灯 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 连续地照射每个组件 500 小时, 并检查其光电特性。结果是所有模件的开始的转换效率与光照 500 小时后的转换效率之差在 9% 以内。

适当地把这些模件组合在一起得到一个电源系统。得到这种合成系统的输出功率大于 3kw。

膜形成例 13

在该例中, 用在膜形成例 1 中用的六个膜形成室式的 MW-PCVD 装置的改进形式制作一种三层单元式光电元件, 其中还把与隔离罐 400a 相当的第一隔离罐 400a', 与隔离罐 400 相当的第二隔离罐 400' 以及与隔离罐 400b 相当的隔离罐 400b' 放在隔离罐 400b' 及卸载室 402 之间, 用气门 (未示出) 把这三个隔离罐彼此相连。

这里用与在膜形成例 1 用的一样的 SUS430BA 作的衬底腹板作为衬底腹板 101。

用与膜形成例 8 中一样的方式首先在衬底腹板的表面镀上一层作为下部电极 1202 的厚 $1.2\mu\text{m}$ 的 ZnO 膜。

然后把该衬底腹板放到上述改进的九个膜形成室式的 MW-PCVD 装置里, 以与膜形成例 9 中一样的方式在表 14 所列条件下, 利用由隔离罐 400a, 400 及 400b 组成的第一单元形成下部单元 1220, 以及用与膜形成例 8 中一样的方式在表 14 所列条件下利用由隔离罐 400a', 400' 及 400b' 组成的第二单元形成中间单元 1221, 以及用与膜形成例 10 中一样的方式在表 14 所列条件下利用由隔离罐 400a'', 400'' 及 400b'' 组成的第三单元形成上部单元 1222。

把这样得到的产品切成尺寸为 $35\text{cm} \times 70\text{cm}$ 大小的多个样品。

用与膜形成例 8 一样的方式让每个样品在其作为透明电极的 ITO 膜的表面镀上一个作为收集电极的梳状银膜。

由此得到多个 PIN 结型太阳能电池。

在 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 照射下评估每个模件的光电特性。结果是每个组件的光电转换效率都大于 10.4%, 模件间的特性不均匀性在 5% 以内。

另外, 用 AM1.5 的灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 连续地照射每个组件 500 小时, 并测试其光电转换效率, 结果是最初的光电转换效率与光照 500 小时后的转换效率之差对所有组件都在 8.5% 以内。

把这些模件适当地组合得到电源系统, 这种合成系统的输出功率约为 3kw。

膜形成例 14

用在前面的装置施实例 22 中所说的 MW-PCVD 装置连续地在面积大而冗长的衬底腹板上形成非晶硅膜。

把绕上了由宽 45cm, 厚 0.25mm 长 200m SUS430BA 作的干净的衬底腹板 101 的释放轴放在衬底腹板供应室 501 中, 把衬底腹板 201 从释放轴 503 放出, 它通过气门 421, 隔离罐 500 和气门 502 的输送机构, 并且它被绕在卸载室 502 里的卷收轴 504 上, 调节衬底腹板 201 不要有任何松弛的部分。

膜形成室圆周墙的圆柱部分的尺寸及始末输送轴 202 及 203 间的间距 L 如表 15 所示。同样, 表 15 所列的数据用于每对微波发生装置 207 及

208. (表 15 见文后)

用机械增压泵 (未示出) 预先分别把衬底腹板供应室 501, 隔离罐 500 以及卸载室抽真空, 真空度到 10^{-3} 托, 用温度控制机构 206a 及 206b 把隔离罐 500 中的衬底腹板 201 加热并保持在 250°C 左右. 用油扩散泵 (未示出) 把隔离罐 500 内的气压控制在 5×10^{-6} 托以下.

然后, 经镍制施偏压管 213 (还起输送气体作用) 把 SiH_4 气体、 SiH_4 气体以及 H_2 气体分别以流速 400sccm, 45sccm, 80sccm 送到膜形成空间. 通过调节排气管 520 上的隙缝阀 509 的开启程度, 把膜形成空间的气压控制在和保持在 4.5 托左右. 在三种气体的流速及该气压都达到稳定时, 起动微波电源, 从而通过一对微波施加器 207 及 208 以 0.7kw (x2) 的有效功率向膜形成空间辐射微波能 (2.45GHz), 其中出现放电, 从而在膜形成空间里形成等离子区. 在这种情况下, 没有把等离子体泄漏出膜形成空间, 并且没有测出任何漏出隔离罐 500 的微波.

然后接通偏压电源 219, 把 +80V 直流偏压加到偏压施加管 213 上, 流过该管的偏置电流为 6.8A, 并且用眼观察到等离子区的亮度有所增加.

接着用驱动机构 (未示出) 分别让始、末承载传送轮 202 及 203 以及一对承载传送环 204 及 205 开始转动, 从而以 $40\text{cm}/\text{min}$ 的输送速度输送衬底腹板 201, 在这当中, 等离子体是稳定的, 并且没有看到偏压和偏置电流的变化.

在上述中, 把作入门气体的 H_2 气经门气供气管 516 和 517 以 50sccm 的流速送到气门 521 及 522. 并且用油扩散泵 (未示出) 经排气管 518 和 519 把气门 521 和 522 抽真空, 使其内的真空达到并保持在 1 毫托.

完成膜形成用 30 分钟, 因为用冗长的衬底腹板, 因此作完本例的膜之后可以作下个膜, 本例的膜形成完成之后, 把卷在卷收轴 504 上的, 并用卸载室 502 里的温度控制机构 513 冷却的衬底腹板 201 从卸载室 502 里取出.

然后, 测试本例的在衬底腹板 201 上淀积的膜的厚度沿横向和纵向上的分布率, 结果发现厚度分布率在 5% 以内. 测试淀积速率, 结果发现平均淀积速率为 $100\text{\AA}/\text{sec}$. 其次经用常规的反射法测试从最终产品上切下的膜样品的红外吸收光谱, 发

现可辨峰值在 2000cm^{-1} 及 630cm^{-1} 处表明 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 的膜. 同样, 用 RHEED (商品名 JEM-100SX, JEOL 的产品) 测试膜样品的结晶度, 结果, 样品呈现出晕轮图案, 发现它是非晶质的. 再有用氢含量分析仪 EMGA-1100 (Horiba SeisaKusho, Kabushik, Kaisha 的产品) 测试样品中的氢含量, 结果发现其值为 21 ± 2 原子百分比.

另外, 用机械方法取下在衬底腹板 201 上形成的约为 5cm^2 的正方形非晶质硅膜, 测出其体积, 并把它放到型号为 JES-REZX (JEOL 的产品) 的 ESR 仪上测出自旋密度. 结果, 该自旋密度为 2.5×10^{15} 个自旋 / cm^3 . 这表明该膜无缺陷.

此外, 把具有非晶质硅膜的衬底腹板切成 $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 大小的 5 个样品. 用反应溅射法给每个样品的表面镀上一层 1500Å 厚的 ITO ($\text{In}_2\text{O}_3 + \text{SnO}_2$) 膜.

把每个最终样品放到一种恒光电流仪 (CAN KABUSHIKI, KAISHA 的产品) 上, 让光从 ITO 这一侧射入以测量 Urbach 拖尾的倾斜度. 五个样品中的任何一个都具有值 $48 \pm 1\text{meV}$.

从这个结果得到, 该膜是无缺陷的.

膜形成例 15

膜形成例 14 的膜形成完成之后, 停止输入其中使用的各种气体, 以与膜形成例 14 中一样的方式把隔离罐 500 抽真空, 使其内部真空低于 5×10^{-6} 托. 除了把 SiH_4 气体、 GeH_4 气体、 SiF_4 气体以及 H_2 气体分别以流速 120sccm, 100sccm, 4sccm 以及 60sccm 送入膜形成空间; 膜形成空间的气压保持在 9 毫托; 微波能的功率为 0.5kw(x2) 有效功率, 衬底腹板 201 以 $25\text{cm}/\text{min}$ 的输送速度移动之外, 重复膜形成例 14 中的过程, 由此在衬底腹板上形成非晶锗膜.

在上述情况中, 偏压施加管 213 上加上了 +40V 的偏压, 其中流过偏置电流 6.2A, 并用眼睛看到等离子体的亮度有所增加.

用与膜形成例 14 中一样的方式把由此得到的膜取出来.

用与膜形成例 14 中一样的方式测试该膜的膜厚度沿横向和纵向上的分布率, 淀积速率、红外吸收光谱、结晶度以及氢含量.

得到如下结果: 膜厚度分布率: 在 5% 以内,

淀积速率: 平均为 $52\text{\AA}/\text{sec}$, 红外吸收光谱: 可辨峰在 2000cm^{-1} , 1800cm^{-1} 及 630cm^{-1} 处, 这表明是 SiGe:H:F ; 结晶性: 晕轮图案, 这表明是非晶膜; 氢含量: 14 ± 2 原子百分比。

此外, 用与膜形成例 14 一样的方式测试该膜的自旋密度和 Urbach 拖尾的倾斜度。

得到如下结果: 自旋密度: 4.5×10^{15} 个自旋/ cm^3 , 这表明膜是无缺陷的; Urbach 拖尾的倾斜度: $54\pm 1\text{meV}$, 这表明膜是无缺陷的。

膜形成例 16

完成膜形成例 15 的膜形成过程之后, 停止输入所用各种气体。用与膜形成例 14 中一样的方式把隔离罐 500 抽真空使其内的真空度低于 5×10^{-6} 托。除了把 SiH_4 气体、 CH_4 气体、 SiF_4 气体以及氢气分别以流速 160sccm , 23sccm , 5sccm 以及 250sccm 输入膜形成空间; 膜形成空间的气压保持在 23 毫托; 微波能的功率调到 $1.0\text{kw}(x2)$ 有效功率之外, 重复膜形成例 14 中的过程, 由此在衬底腹板上形成非晶碳化硅膜。

在上述过程中, 把 +50V 直流偏压加到偏压施加管 213 上, 流过其中的偏置电流为 6.6A, 并且用眼睛看到等离子体的亮度有所增加。

用与膜形成例 14 中一样的方式把由此得到的膜取出。

用与膜形成例 14 中一样的方式测试该膜的膜厚度沿横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度以及氢含量。

得到如下结果: 膜厚度分布率: 在 5% 以内; 淀积速率: 平均为 $41\text{\AA}/\text{sec}$; 红外吸收光谱: 可辨峰值 2080cm^{-1} , 1250cm^{-1} , 960cm^{-1} , 777cm^{-1} 和 660cm^{-1} 处, 这表明是 SiC:H:F 膜; 结晶度: 晕轮图样, 这表示是非晶膜, 氢含量: 15 ± 2 原子百分比。

其次, 用与膜形成例 14 中一样的方式测试该膜的自旋密度以及 Urbach 尾的倾斜度。

得到如下结果: 自旋密度: 8.0×10^{15} 个自旋/ cm^3 , 这表明该膜无缺陷, Urbach (尾拜克) 拖尾的倾斜度为 $57\pm 1\text{meV}$, 这说明该膜是无缺陷的。

膜形成例 17

完成膜形成例 16 的膜形成过程之后, 停止输送使用的气体, 用与膜形成例 14 中一样的方式把隔离罐 500 抽真空, 使其内的真空度低于 5×10^{-6}

托。除了把 SiH_4 气体、 BF_3/H_2 气体 ($= 300\text{ppm}$)、 SiF_4 气体、 H_2 气分别以流速 200sccm , 38sccm , 25sccm 和 550sccm 输入膜形成空间; 膜形成空间的气压保持在 6.5 毫托; 微波能的功率调到 $1.1\text{kw}(XZ)$ 有效功率之外, 重复膜形成例 14 中的膜形成的过程, 借此, 在衬底腹板上形成掺硼的 p-型微晶硅膜。

在上述过程中, 把 +120V 的直流偏压加到偏压施加管 213 上, 流过其中的偏置电流为 6.6A, 用眼睛观察到等离子体的亮度有所增加。

用与膜形成例 14 中一样的方式分别测试该膜的膜厚沿横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度及氢含量。

结果如下: 膜厚分布率: 在 5% 以内; 淀积速率: 平均为 $48\text{\AA}/\text{sec}$, 红外吸收光谱: 可辨峰值在 2100cm^{-1} , 630cm^{-1} 处, 这表明是微晶 Si:H:F 膜; 结晶度: 环形图案, 表明是无定向多晶膜; 氢含量: 4 ± 2 原子百分比。

此外, 任意切割形成了上述膜的衬底腹板, 得到 5 个尺寸都为 $5\text{mm}\times 6\text{mm}$ 的样品。

用 S-900 型 (日立公司生产) 超高分辨率低加速度的 FE-扫描电镜观察 5 个样品中的每一个的表面状态。

结果发现, 5 个样品中的任何一个都有所要求的光滑表面, 没有任何不希望的不平整性。

膜形成例 18

完成膜形成例 17 的膜形成之后, 停止输入所用气体, 用与膜形成例 14 中一样的方式把隔离罐 500 抽真空, 使其内的真空度低于 5×10^{-6} 托, 除了把 SiH_4 气体、 PH_3/H_2 气体 ($= 1\%$)、 SiF_4 气体以及氢气分别以流速 280sccm , 24sccm , 5sccm 及 40sccm 输入膜形成空间; 膜形成空间的气压保持在 7 毫托; 微波能的功率调到 $0.75\text{kw}(XZ)$ 有效功率之外, 重复膜形成过程, 由此在衬底腹板上形成掺磷的 n-型非晶硅膜。

在上述过程中, 把 +180V 的直流偏压加到偏压施加管 213 上, 其中流过 7.0A 偏置电流, 用眼睛观察到等离子体的亮度有所增加。

用与膜形成例 14 中一样的方式取出由此得出的膜。

用与膜形成例 14 中一样的方式分别测试该膜的膜厚度沿横向和纵向上的分布率、淀积速率、红外吸收光谱、结晶度以及氢含量。

得到如下结果：膜厚分布率：在 5% 以内；淀积速率：平均为 $65\text{\AA}/\text{sec}$ ；红外吸收光谱：可辨峰值在 2000cm^{-1} 及 630cm^{-1} 处，这表明是 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 非晶膜；结晶度：晕轮图样，这表明是非晶膜；氢含量： 21 ± 2 原子百分比。

此外，把在其上形成了上述膜的衬底腹板随意切割成 5 个尺寸为 $5\times 5\text{mm}$ 的样品。

用 S-900 型（日立产品）超高分辨率低加速的 FE-扫描电镜 5 个样品中的每一个的表面状态。

结果发现 5 个样品的任何一个都有所要求的光滑表面，没有任何不期望有的不平整性。

膜生成例 19

除了用 PET 衬底腹板替代 SUS430BA 衬底腹板之外，重复膜生成例 14 的工艺过程。PET 衬底腹板按如下方式处理：在膜生成时，将所述的衬底腹板保持在温度 210°C 中，借此在所述的衬底腹板上连续地生成一层非晶质硅膜。

亦即，在这里提供了一个 PET 衬底腹板，宽 45cm 、厚 0.9mm 、长 100m ，然后在其表面上施加 $2\mu\text{m}$ 厚的铝膜，在该铝膜上将生成一层膜，其中在部分膜处分别地形成多个梳状隙缝电极，每个电极宽 $70\mu\text{m}$ 、长 10mm 、纵向间隔 20cm 。这个用来作为衬底腹板。

在膜生成期间，将 $+80\text{V}$ 直流偏压加到偏压施加管 213 上，管内流过 6.7A 偏置电流，用眼可观察等离子亮度的某些增加。

由此生成的膜以与膜生成例 14 相同的方式被取出。

按与膜生成例 14 相同的方式对由此生成的膜分别检查：横向和纵向上膜厚度分布率、淀积速率、红外线吸收光谱、结晶度以及氢含量。

结果得出以下数据。即：膜厚度分布率：5% 以内；淀积速率：平均 $95\text{\AA}/\text{秒}$ ；红外线吸收光谱：在 2000cm^{-1} 和 630cm^{-1} 处可辨认峰值（这表示 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜）；结晶度：晕轮型式（这表示非晶质膜）；以及氢含量： $24\pm 2\%$ （原子）。

在多个隙缝电极上形成的膜随机地被切开以得到 20 个膜样品，每个膜样品含有一个隙缝电极。用 HP4140B 测量每个样品在 AM-1 光 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 照射下的光电流值和黑暗中的暗电流值，以得出亮导电率 $\delta p(\text{s}/\text{cm})$ 和暗导电率 $\delta d(\text{s}/\text{cm})$ ，其结果是，20 个样品中的每个的亮导

电率在 $(3.5\pm 0.5)\times 10^{-3}\text{s}/\text{cm}$ 范围之内，20 个样品中的每个的暗导电率在 $(1.0\pm 0.5)\times 10^{-11}\text{s}/\text{cm}$ 范围之内。

此外，以与膜生成例 14 相同的方式测试生成膜的 Urbach 拖尾的倾斜。

其结果是，Urbach 尾倾斜为 $50\pm 1\text{meV}$ ，这意味着该膜很少伴有缺陷。

膜生成例 20~24

在各个膜生成例 14~18 的中，膜的生成是通过改变偏压（如表 16 所示）来实现的。

在五种情况中的每种情况下得到的膜以与膜生成例 14~18 相同的方式来评估。

得出的评估结果共同示于表 16 内。（表 16 见文后）

在五种情况的每一种情况下，等离子被稳定地维持住，没产生异常放电。于是，得到一个所需的、特性优良的半导体膜。

膜生成例 25~29

在膜生成例 14~18 的每个之中，偏压施加装置由图 15 (d) 中所示的偏压施加装置取代， $+30\text{V}$ 直流电压加到第一偏置棒上，另一不同的偏压加到第二偏置棒上，如表 17 中所示。

在五种情况中的每种情况下得到的膜以与膜生成例 14~18 相同的方式来评估。

得出的评估结果共同示于表 17 中。（表 17 见文后）

在五种情况的每一种情况下，等离子被稳定地维持住，没产生异常放电。于是一个所需的、特性优良的半导体膜得到了。

膜生成例 30

在此例中，使用图 5 所示的 MW-PCVD 装置制备如图 11 所示结构的肖特基结型二极管。

图 11 所示的肖特基结型二极管包括衬底 1101、下部电极 1102、n 型半导体层 1103、非掺杂半导体层 1104、金属层 1105、以及一对电流输出端子 1106 和 1107。

首先，要提供一个连续溅射装置，按照与膜生成例 14 相同的方式将一 SUS430BA 衬底腹板置于上述装置中，其中铬靶（纯度 99.98%）用于淀积 1300\AA 厚度铬膜，成为在该衬底腹板表面上的下部电极 1102。

然后，将其上具有上述铬层的衬底腹板以与膜生成例 14 相同的方式放在图 5 所示的

MW-PCVD 装置内, 其中, 上述衬底腹板被设置得使其上形成的铬层朝下。在起始的和终止的承载传送轮之间的间距 L 按表 15 中所示的数据来制作。对于每对微波施加器装置, 这里使用的一对如表 15 所示。(表 15 见文后)

衬底供应室 501、隔离罐 500、卸荷室 502 利用旋转真空泵(图中未画出)分别地暂时抽真空。这三个容器然后再用机械增压泵(图中未画出)分别抽真空抽到真空度约为 10^{-3} Torr (托)。

由隔离罐 500 中的温度控制机构 206a 和 206b 使衬底加热到并维持在温度约 250°C 。

使用油扩散泵(图中未画出)将隔离罐的内部压力调节使真空度低于 5×10^{-6} 托。

然后, 通过偏压施加管 213 (能够作为进气管) 将 SiH_4 气、 SiF_4 气、 PH_3/H_2 气 ($=1\%$) 以及氢气分别以流速 280sccm、4sccm、50sccm 和 35sccm 送入膜生成空间。膜生成空间的气体压力, 通过调节排气管 520 的球阀 509 的开启度, 被控制和维持在约 7.5m Torr (毫托)。

在这四种气体的流速和气体压力分别变得稳定之后, 使微波能源(未示出)接通, 由一对微波施加器装置 207 和 208, 将微波能量 (2.45GHz) 以有效功率 0.8kw(x2) 辐射到膜生成空间中。同时, 将 +80V 直流偏压加在偏压施加管 213 上, 其内流过的偏置电流为 6.9A。

在等离子变得稳定之后, 由驱动机构(图中未画出)使起始的和终止的承载传送辊 202 和 203 以及一对承载传送环 204 和 205 分别开始旋转, 以 50 厘米/分的速度将衬底从图 5 的左侧用 5 分钟传送到右侧。在这种情况下, 氢气作为入门气体经过入门气体进气管 516 和 517 以流速 50sccm 进入气门 521 和 522。利用油扩散泵(图中未画出)通过排气管 518 和 519 将气门 521 和 522 抽真空, 以使其内部到达并维持在真空度 1.5m Torr (毫托)。

其结果是, 在作为下部电极 1102 的铬层上(这是早先在衬底腹板上形成的)形成掺杂 P 的 n 型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为 n 型半导体层 1103。然后微波能的应用和形成膜的原材料气体的引入被中止, 而且衬底的传送也被停止。

隔离罐 500 被抽真空使真空度低于 5×10^{-6} Torr (托)。

在上面的膜生成中接下去的工艺过程是将 SiH_4

气、 SiF_4 气和氢气分别以流速 350sccm、6.5sccm 和 65sccm 送入膜生成空间。膜生成空间的气体压力维持在约 6.5m Torr (毫托)。然后, 使微波能量 (245GHz) 以有效功率 0.7kw(x2) 辐射到膜生成空间里面去。同时, 施加 +80V 直流偏压, 其内流过偏置电流 6.5A。在产生的等离子变得稳定之后, 将衬底腹板以 67 厘米/分的传送速度从右侧反向地传送到左侧。膜生成进行 3.7 分钟。

其结果是, 在先前生成的 n 型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜上生成一层非掺杂的 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜来作为非掺杂的半导体层 1104。

在上述的膜生成完成之后, 微波能量的施加、生成膜的原材料气体的引入和衬底腹板的传送全部结束。排放隔离罐 500 中的剩余气体。在衬底腹板冷却到室温之后, 将衬底腹板从衬底供应室 501 中取出来, 该室在最后膜生成的情况下用作为卸荷室。

其上敷有上述三层的衬底腹板随机地被切开以得到大小相同的十个样品。

使用电子束蒸发方法将十个样品的每个都涂敷 80Å 厚度的 (Au) 膜。然后利用导线连接器来提供一对电流输出端子 1106 和 1107。

利用 HP4140B 对以上制出的每个样品测试二极管特性。

其结果是, 十个样品中的每一个都显示出所需的二极管因数 ($n=1.2 \pm 0.04$), $\pm 1\text{V}$ 时的整流比约为 6 位数字。从所得到的结果可以看出十个样品中的任何一个都具有肖特基结型二极管所需的优良的二极管特性。

膜生成例 31

在本例中, 利用图 7 所示的三个膜生成室 MW-PCVD 装置制造图 12(a)所示结构的 PIN 结型光生电压元件。

这里使用 PET 衬底腹板作为衬底腹板 201。

将 PET 衬底腹板置于连续溅射装置内, 其内通过溅射银靶 (99.99%), 在所述的衬底腹板上形成一层 1000Å 厚的银膜, 作为导电层。随后, 在先前形成的银膜上再形成一层 $1.2\mu\text{m}$ 厚的氧化锌膜, 作为下部电极 1202。

其上叠置着银薄膜和氧化锌薄膜的衬底腹板以与膜生成例 28 相同的方式置于具有图 7 所示组成部分的三个膜生成室 MW-PCVD 装置内。

在这种情况下, 隔离罐 500 内提供的圆筒状

部分内部直径如表 18 所示为 22 厘米。同样, 隔离腔 500a 的圆筒状部分的大小和隔离腔 500b 的圆筒状部分的大小制成为内直径为 10 厘米和 9 厘米。一对微波施加器装置 207 和 208 中的每个提供给隔离罐 500 内的膜生成腔, 表 18 中所示的一种在这里被使用。同样, 微波施加器装置对 207a 和 208a 中的每一个提供给隔离罐 500a 中的膜生成腔, 微波施加器装置对 207b 和 208b 中的每一个也提供到隔离罐 500b 中, 这里所使用的已示于表 19 中。(表 18、19 见文后)。

在隔离罐 500 用的表 18 和隔离罐 500a 和 500b 用的表 19 中所示的各项条件下在这里的三个膜生成腔中的每一个内产生微波放电。在表 19 所示的条件下, 在隔离罐 500a 的膜生成腔内, 形成一层 n 型 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜成为 n 型半导体层 1203。在表 18 所示的条件下, 在隔离罐 500 的膜生成腔内形成一层非掺杂的 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜成为 i 型半导体层 1204。在表 19 中所示的条件下, 在隔离罐 500b 的膜生成腔内形成一层 P⁺型微晶体 Si:H:F 膜成为 P⁺型半导体层 1205。

具有叠置在包括上述氧化锌薄膜的下部电极上的上述 n 型、i 型和 P⁺型半导体层的衬底腹板在卸载室 402 内冷却到室温, 然后从该室中取出来。将这个衬底腹板置于一个反应性的 (reactive) 溅射装置内, 在其上形成一层 700Å 厚的 ITO 膜作为透明的电极 1206。然后将由此得到的产物切开以得到多个样品, 每个样品的尺寸为 35 厘米 × 70 厘米。然后对已得到的多个样品中的每一个用电子束蒸发法在其表面上施加一个梳状的收集电极, 该电极包括一个约 1 微米厚的银膜。

这样, 在这里得到了多个 PIN 结型太阳能电池模块 (Solar cell module)。

对于它们之中的每一个都要在 AM1.5 灯 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 的照射下评估其光生电压特性。其结果是, 每个模块都显示出高于 8.5% 光电转换效率。在这些模块之间的特性的不均匀性在 5% 以内。

此外, 每个模块用 AM1.5 光 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 连续照射 500 小时, 测试其光电转换效率, 其结果是, 在所有的模块用光照射 500 小时以后, 在起始的光电转换效率和最后的光电转换效率之间的差别是在 9.5% 以内。

与未施加任何偏压而制成的太阳能电池模块相

比, 对由于短路等原因造成缺陷率进行测试, 其结果是, 人们看到在本例中得到的太阳能电池模块优越性超过上述太阳电池模块达 20% 以上。

在本例中得到的上面的模块进行适当的组合可以得出一个电源系统, 人们知道这样得出的系统可输出约 3kw 的功率。

膜生成例 32

这里制备具有图 12(a)所示结构的 PIN 结型光生电压元件, 重复膜生成例 31 的生产工艺过程。但不用 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为 i 型半导体层, 而是以与膜生成例 15 相同的方式生成一层非掺杂的 $\alpha\text{-SiGe:H:F}$ 膜, 其中衬底腹板保持在温度 200°C , 衬底腹板以 51 厘米/分的传送速度运动, 并且, 在膜生成时, 施加 170V 峰-峰 (500Hz) 的正弦波偏压。

生成产物, 以与膜生成例 31 相同的方式制造多个太阳能电池模块。

对于每个模块, 在 AM1.5 光 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 的照射下评估其光生电压特性。其结果是, 每个模块呈现出的光电转换效率大于 6.8%。在这些模块之间特性的不均匀性在 5% 以内。

此外, 每个模块用 AM1.5 光 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 连续照射 500 小时, 测试其光电转换效率。其结果是, 在光照射 500 小时以后所有这些模块在起始的光电转换效率与最后的光电转换效率之间的差别在 9.5% 以内。在与设施加任何偏压下所制造的太阳能电池模块所做的比较中, 测试由于短路等原因造成的缺陷率, 作为结果, 人们发现在本例中得出的太阳能电池模块优于上述太阳能电池模块 20% 以上。

在本例中得出的以上模块适当地加以组合可以得到一个电源系统, 人们发现由此得到的系统输出功率约 3kw。

膜生成例 33

这里要制备具有图 12(a)所示结构的 PIN 结型光生电压元件, 重复膜生成例 31 的生产工艺过程, 但不用 $\alpha\text{-Si:H:F}$ 膜作为 i 型半导体层, 这里以与膜生成例 16 相同的方式形成一层非掺杂的 $\alpha\text{-SiC:H:F}$ 膜, 其中衬底腹板保持在温度 200°C , 衬底腹板以 36 厘米/分的传送速度运动, 并且在膜生成时, 施加 (1 兆赫兹) 160V 峰-峰的三角波偏压。

生成产物，以与膜生成例 31 相同的方式制造出多个太阳能电池模块。

对于每个模块，在 AM1.5 光 ($100\text{MW}/\text{cm}^2$) 的照射下评估其光生电压特性。作为结果，每个模块都呈现出大于 6.8% 的光电转换效率。在这些模块之间特性的不均匀性在 5% 以内。

此外，每个模块用 AM1.5 光 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 连续照射 500 小时，测试其光电转换效率。其结果，在光照射 500 小时以后，对于所有这些模块在起始的光电转换效率与最后的光电转换效率之间的差别在 9.5% 以内。

在与设施加任何偏压制造的太阳能电池模块的比较中测试出由于短路等原因造成的缺陷率。作为结果，可以看出在本例中得到的太阳能电池模块优于上述的太阳能电池模块 20% 以上。

将在本例中得出的以上这些模块适当地组合，可以得到一个电源系统。可以发现由此得出的系统输出功率约为 3kw。

膜生成例 34

在本例中，要制备具有图 12(C)所示结构的光生电压元件，利用了图 7 所示的修改的三个膜生成腔 MW-PCVD 装置，其中第一隔离罐 500a' 等同于隔离罐 500a，第二隔离罐 500' 等同于隔离罐 500，第三隔离罐 500b' 等同于隔离罐 500b。上述第一、第二、第三隔离罐附加地设置在隔离罐 500b 与卸荷室 502 之间，并且这三个隔离罐利用气体门相互连接（图中未画出）。

作为衬底腹板 201，这里使用由 SUS430BA 制成的衬底腹板，这与膜生成例 14 中所使用的衬底腹板相同。

首先，在衬底腹板的表面上敷加一层 $1.2\mu\text{m}$ 厚的氧化锌膜，作为下部电极 1202。

然后，将衬底腹板置于上述改进的六个膜生成腔 MW-PCVD 装置内。以与膜生成例 32 相同的方式并且在表 20 所示的条件下利用包括隔离罐 500a、500 和 500b 的第一单元形成下部单元 1211，尔后，以与膜生成例 31 相同的方式在表 20 所示的条件下利用包括隔离罐 500a'、500' 和 500b' 的第二单元形成上部单元 1212。

在由此得出的产物的顶层表面上敷加一层 ITO 薄膜，作为透明电极 1206。

将这样得到的产物切开，得出多个样品，每个

大小 $35\text{cm} \times 70\text{cm}$ 。

在每个样品的作为透明电极的 ITO 膜的表面上敷加一层梳状的银膜作为收集电极 1207。

对于每个样品，在 AM1.5 光 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 的照射下评估其光生电压特性。作为结果，每个模块呈现出的光电转换效率大于 10.4%，在这些模块之间特性的不均匀性在 5% 以内。

此外，每个模块用 AM1.5 光 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 连续照射 500 小时，并测试其光电转换效率。作为结果，在光照射 500 小时以后，所有这些模块在起始的光电转换效率与最后的光电转换效率之间的差别在 9.0% 以内。

在与设施加任何偏压下制造的太阳能电池模块相比较中测试由于短路等造成的缺陷率。作为结果，可以看出在本例中得出的太阳能电池模块优于上述的太阳能电池组件 20% 以上。

将在本例中得出的以上模块适当地组合，可以得到一个电源系统。可以知道由此得出的系统输出功率约 3kw。

膜生成例 35

在本例中要制造具有图 12(c)所示结构的光生电压元件，使用与膜生成例 34 相同的六个膜生成腔 MW-PCVD 装置。

作为衬底腹板 201，这里使用由 SUS430BA 制造的衬底腹板，这与膜生成例 14 中所使用的衬底腹板相同。

首先，在衬底腹板的表面上敷加一层 $1.2\mu\text{m}$ 厚的氧化锌膜作为下部电极 1202。

然后，将衬底腹板置于上述的修改的六个膜生成腔的 MW-PCVD 装置中。以与膜生成例 31 相同的方式，在表 21 所述的条件下，使用包括隔离罐 500a、500 和 500b 的第一单元形成下部单元 1211，再以与膜生成例 33 相同的方式，在表 21 所示的条件下，使用包括隔离罐 500a'、500' 和 500b' 的第二单元形成上部单元 1212。

在由此得出的产物的顶层表面上敷加一层 ITO 薄膜作为透明电极。

将这样得出的产物切开，以得出多个样品，每个样品的大小是 $35\text{cm} \times 70\text{cm}$ 。

在每个样品作为透明电极 1206 的 ITO 膜的表面上敷加一层梳状的银膜，作为收集电极 1207。

对于每个样品，在 AM1.5 光

($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 的照射下评估其光生电压特性。其结果是，每个模件呈现出光电转换效率大于 10.3%。在这些模件之间特性的不均匀性在 5% 以内。

此外，每个模件用 AM1.5 光 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 连续照射 500 小时，并测试其光电转换效率。其结果是，在光照射 500 小时以后所有这些模件的起始的充电转换效率与最后的充电转换效率之间的差别在 9% 以内。

在与设施加任何偏压下制造的太阳能电池模件的比较中测试由于短路等造成的缺陷率。其结果是，可以发现，在本例中得到的太阳能电池模件优于上述的太阳能电池模件 20% 以上。

将在本例中得到的以上模件适当地组合，可以得出一个电源系统。可以发现由此得到的系统输出功率约 3kw。

膜生成例 36

在本例中要制造具有图 12 (d) 所示结构的三层单元型的光生电压元件。利用在膜生成例 34 中所使用的修改的六个膜生成腔的 MW-PCVD 装置，其中，每一隔离罐 500a' 等同于隔离罐 500a，第二隔离罐 500a' 等同于隔离罐 500，第三隔离罐 500b' 等同于隔离罐 500b，上述第一、第二、第三隔离罐附加地设置在隔离罐 500b' 与卸荷室 502 之间，这三个隔离罐由气体门相互连接 (图中未画出)。

作为衬底基板 201，这里使用由 SUS430BA 制作的衬底基板，这与膜生成例 14 中使用的衬底基板相同。

首先，在衬底基板的表面上敷加一层 $1.2\mu\text{m}$ 厚的氧化锌膜作为下部电极 1202。

然后，将衬底基板置于上述修改的九个膜生成腔的 MW-PCVD 装置内，以与膜生成例 32 相同的方式，在表 22 所示的条件下，利用包括隔离罐 500a、500 和 500b 的第一单元形成下部单元 1220。以与膜生成例 31 相同的方式，在表 22 所示的条件下，利用包括隔离罐 400a'、400' 和 400b' 的第二单元形成中部单元 1221。然后，以与膜生成例 33 相同的方式，在表 22 所示的条件下，利用包括隔离罐 400a'、400' 和 400b' 的第三单元形成上部单元 1222。

将这样得出的产物切开，可得到多个样品，每个样品的大小为 $35\text{cm} \times 70\text{cm}$ 。

在每个样品的作为透明电极 1206 的 ITO 膜的表面上，用以与膜生成例 8 相同的方式，敷加一层梳状的银膜作为收集电极 1207。

对于每个样品，在 AM1.5 光 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 的照射下评估其光生电压特性。作为结果，每个模件呈现出的光电转换效率大于 10.5%。在这些模件之间特性的不均匀性在 5% 以内。

此外，每个模件用 AM1.5 光 ($100\text{mw}/\text{cm}^2$) 连续照射 500 小时，并且测试其光电转换效率。其结果是，在光照射 500 小时以后，所有这些模件的起始光电转换效率与最后的光电转换效率之间的差别在 8.5% 以内。

在与设施加任何偏压下制造的太阳能电池模件相比较中测试由于短路等原因造成的缺陷率。其结果是，可以发现在本例中得出的太阳能电池模件优于上述太阳能电池模件 20% 以上。

将在本例中得出的以上这些模件适当地组合可以得到一个电源系统。可以发现，由此得到的系统输出功率约为 3kw。

表 1

原料气体及其流速	SiH ₄ :380sccm H ₂ :70sccm
微波频率和微波功率	2.45CHz 750Wx2
间距 L	3.2cm
被限部分的内直径和宽度	φ20cm,45cm
膜生成腔的内部压力	6mTorr
衬底腹板的种类和厚度	SUS430BA
微波施加器的大小(内直径×长度)	0.25mm φ98mm×150mm
微波传输波导	EIAJ,WR1-26

表 2

$\theta_1(^\circ)$	$\theta_2(^\circ)$	$\theta_1+\theta_2(^\circ)$	评价结果
0	0	0	微波泄漏大,放电不稳定,电源噪声大(异常振荡)
0	45	45	微波泄漏大,放电不稳定
0	90	90	"
15	15	30	微波泄漏中等,放电不稳定
15	45	60	微波泄漏小,放电不稳定
15	75	90	"
15	135	150	"
15	165	180	微波泄漏中等,放电不稳定,电源噪声大(异常振荡)
30	30	60	无微波泄漏,放电稳定
30	60	90	"
30	105	135	"
30	150	180	无微波泄漏,放电不稳定,电源噪声大(异常振荡)
45	45	90	无微波泄漏,放电稳定
45	90	135	"
45	105	150	"
45	135	180	无微波泄漏,放电不稳定,电源噪声大(异常振荡)
60	60	120	无微波泄漏,放电稳定
60	75	135	"
60	90	150	"
60	120	180	无微波泄漏,放电不稳定,电源噪声大(异常振荡)
75	75	150	无微波泄漏,放电稳定
75	90	165	无微波泄漏,放电相当不稳定
75	105	180	无微波泄漏,放电不稳定,电源噪声大(异常振荡)
90	90	180	"

表 3

样品号	间距 L (cm)	膜生成腔 的内部压力	放电状态	膜厚度分布率 (横向)(%)	膜厚度分布率 (纵向)(%)
1	0.4	65	放电集中在微波施加器周围	1000*	100*
2	0.8	28	放电位于微波施加器周围	25	12
3	1.5	12	放电稳定	8	7
4	3.5	6	"	5	5
5	5.0	4	"	7	5
6	7.2	2	放电不稳定(微波泄漏中等)	30	7
7	10.0	1.2	无放电(微波泄漏大)	—	—

* 在衬底腹板的横向上和中央部分没生成膜

表 4

样品号	被限部分的内直径	放电状态	膜厚度分布率 (横向)(%)	膜厚度分布率 (纵向)(%)
8	5.5	无放电	—	—
9	7	放电不稳定	20	12
10	10	放电稳定	10	7
11	20	"	5	5
12	25	"	5	5
13	35	放电相当不稳定	12	7
14	45	放电不稳定	25	12

表 5

膜生成室的内部 压力(mTorr)	原材料气体及 其流速(sccm)	微波功率(kw)	放电状态
1.5	SiH ₄ :100	3.0×2	○
1.5	SiH ₄ :100 H ₂ :100	3.0×2	△
3	SiH ₄ :100 H ₂ :50	2.5×2	○
3	SiH ₄ :100 H ₂ :100	2.5×2	△
5	SiH ₄ :10 H ₂ :200	1.2×2	○
5	SiH ₄ :300 H ₂ :100	0.8×2	○
5	SiH ₄ :300 H ₂ :400	0.7×2	○
5	SiH ₄ :400	0.4×2	○
10	SiH ₄ :10 H ₂ :300	1.0×2	○
10	SiH ₄ :300 H ₂ :600	1.0×2	○
10	SiH ₄ :400	0.3×2	○
10	SiH ₄ :10 H ₂ :800	1.0×2	△
30	SiH ₄ :10	0.25×2	○
30	SiH ₄ :10 H ₂ :300	0.7×2	○
30	SiH ₄ :300 H ₂ :300	0.6×2	○
30	SiH ₄ :300 H ₂ :900	0.8×2	○


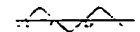
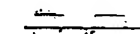

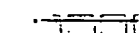


表 6

样品号	衬底腹板宽度 (cm)	放电状态	膜厚度分布率 (横向)(%)	膜厚度分布率 (纵向)(%)
15	5	放电稳定	3	5
16	10	"	5	7
17	25	放电相当不稳定	8	7
18	35	放电稳定	5	5
19	45	"	5	5
20	60	放电相当稳定	10	7
21	70	放电不稳定	15	10

表 7

原料气体及其流速	SiH ₄ :360sccm H ₂ :50sccm
微波频率和微波功率	2.45CHz 700Wx2
间距 L	3.2cm
被限部分的内直径和宽度	φ22cm,45cm
膜生成腔的内部压力	6mTorr
衬底腹板的种类和厚度	SUS430BA 0.25mm
微波施加器的大小(内直径×长度)	φ98mm×150mm
微波传输波导	EIAJ,WR1-26

表 8

波形	频率										最大幅度电压 (V _{p-p})
	60	400	500	1.5K	2K	500K	900K	2M	2.5M	4M	
 (正弦波)	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	200
 (三角波)	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	220
 (方波)	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	240
 (脉冲)	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	180
 (脉冲)	△	△	△	△	△	△	△	△	×	×	180
 (脉动流)	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	70
 (正弦波)	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	200

○:好的

△:实际有效的

×:无效的

表 9

所限部分的内直径	φ20cm
间距 L	3.2cm
微波施加器的大小(内直径×长度)	φ98mm×135mm
微波传输波导	EIAJ,WR1-32

表 10

参数 \ 隔离罐	400
生成膜的原料气体及其流速(sccm)	SiH ₄ :240 H ₂ :80 SiF ₄ :8
内部压力(mTorr)	6
微波功率(kw)	0.65x2
被限部分的内直径(cm)	φ20
间距 L(cm)	3.2
微波施加器的大小(内直径×长度)	φ98mm×135mm
微波传输波导	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)	210

表 11

参数 \ 隔离罐	400-a	400-b
生成膜的原料气体及其流速	SiH ₄ 30 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 25 H ₂ 250 B ₂ H ₆ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)	9	8
微波功率(kw)	0.65x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)	φ10")	φ9")
间距 L(cm)	1.0	1.0
微波施加器的大小(内直径×长度)	0.95mm×125mm	φ85mm×120mm
微波传输波导	EIAJ,WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)	210	200

在弯曲的结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 12(待续)

参数	半导体层	下部单元		
		400-a	400	400-b
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 30 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 120 GeH ₄ 95 H ₂ 120 SiF ₄ 5	SiH ₄ 25 H ₂ 250 BF ₃ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)		9	10	8
微波功率(kw)		0.65x2	0.6x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)		φ10*	φ20	φ9*
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		φ95mm×125mm	φ98mm×135mm	φ85mm×120mm
微波传输波导		EIAJ,WRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		260	250	240
传送速度		55 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 12(续)

参数	半导体层	上部单元		
		400-a'	400'	400-b'
生成膜的原材料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 28 H ₂ 95 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 220 H ₂ 70 SiF ₄ 7	SiH ₄ 22 H ₂ 220 BF ₃ /H ₂ 18 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		9	6	8
微波功率(kw)		0.65x2	0.6x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)		φ10*	φ20	φ9*
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 400a 的情况 相同	与 400 的情况 相同	与 400b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJ,WRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		240	230	230
传送速度		55 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 13(待续)

参数	半导体层	下部单元		
		400-a	400	400-b
生成膜的原材料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 30 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 260 H ₂ 100 SiF ₄ 10	SiH ₄ 25 H ₂ 250 BF ₃ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)		9	6	8
微波功率(kw)		0.65x2	0.70x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ20	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		φ95mm×125mm	φ98mm×135mm	φ85mm×120mm
微波传输波导		EIAJ,WRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		270	260	260
传送速度		52 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 13(续)

参数	半导体层	上部单元		
		400-a'	400'	400-b'
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 28 H ₂ 95 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 180 CH ₂ 25 H ₂ 400 SiF ₄ 10	SiH ₄ 22 H ₂ 220 BF ₃ /H ₂ 18 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		9	23	8
微波功率(kw)		0.65x2	1.3x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ20	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 400a 的情况 相同	与 400 的情况 相同	与 400b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJ,WRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		250	250	240
传送速度		52 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 14(待续)

参数	半导体层	下部单元		
		300-a	300	300-b
生成膜的原材料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 30 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 130 GeH ₄ 100 H ₂ 150 SiF ₄ 5	SiH ₄ 25 H ₂ 250 BF ₃ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)		9	11	8
微波功率(kw)		0.65x2	0.65x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ22	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.5	1.2
微波施加器的大小 (内直径×长度)		φ95mm × 125mm	φ98mm × 135mm	φ85mm × 120mm
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ WRI-32	EIAJWRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		280	280	270
传送速度		54 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 14(续 1)

参数	半导体层	中部单元		
		300-a'	300'	300-b'
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 28 H ₂ 95 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 250 H ₂ 90 SiF ₄ 8	SiH ₄ 22 H ₂ 220 BF ₃ /H ₂ 18 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		8	7	8
微波功率(kw)		0.65x2	0.70x2	0.75x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ20	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.5	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 300a 的情况 相同	与 300 的情况 相同	与 300b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJ,WRI-26	EIAJ WRI-32	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		270	260	260
传送速度		54 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 14(续 2)

参数	半导体层	上部单元		
		300-a"	300"	300-b"
生成膜的原材料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 26 H ₂ 90 PH ₃ /H ₂ 4 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 185 CH ₄ 27 H ₂ 400 SiF ₄ 10	SiH ₄ 20 H ₂ 200 BF ₃ /H ₂ 16 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		8	22	7
微波功率(kw)		0.65x2	1.3x2	0.70x2
被限部分的内直径(cm)		φ10"	φ18	φ9"
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.2
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 300a 的情况 相同	与 300 的情况 相同	与 300b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJWRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		250	250	240
传送速度		54 cm / 分		

*)弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细控制要生成的膜的厚度。

表 15

管部的内直径	φ22cm
间距 L	3.2cm
微波施加器的大小(内直径×长度)	φ98mm × 135mm
微波传输波导	EIAJ, WRI-32

表 16

生成 例号	偏压			膜形成条件 (除偏压以外)	加偏压的方式	评价结果
	波形	频率 (Hz)	最大幅度电压 (V_{p-p})			
20	正弦波	2K	180	与生成例 14 的情况相同	图 15(b)所示的方式	几个异常滋生物 优良特性
21	脉冲	500	140 (参考电压-30V)	与生成例 15 的情况相同	图 15(c)所示的方式	"
22	三角波	10K	200	与生成例 16 的情况相同	图 15(a)所示的方式	"
23	脉动流	60	65	与生成例 17 的情况相同	图 15(c)所示的方式	优良特性
24	正弦波	20K	120 (参电压 0V)	与生成例 18 的情况相同	图 15(b)所示的方式	几个异常滋生物 优良特性

注:使用一个镍棒作为偏置棒

表 17

生成 例号	偏压			膜形成条件 (除偏压以外)	加偏压的方式	评价结果
	波形	频率 (Hz)	最大幅度电压 (V_{p-p})			
25	脉冲	1K	150 (参考电压-30V)	与生成例 14 的情况相同	图 15(d)所示的方式	几个异常滋生物 优良特性
26	正弦波	2K	160 (参考电压 0V)	与生成例 15 的情况相同	"	"
27	脉动流	400	65	与生成例 16 的情况相同	"	优良特性
28	正弦波	500	180	与生成例 17 的情况相同	"	几个异常滋生物, 优良特性
29	三角波	1.5K	180	与生成例 18 的情况相同	"	"

注:使用一个镍棒作为偏置棒

表 18

参数 \ 隔离罐	500
生成膜的原料气体及其流速(sccm)	SiH ₄ :260 H ₂ :90 SiF ₄ :8.5
内部压力(mTorr)	5.5
微波功率(kw)	0.60x2
受隔部分的内直径(cm)	φ22
间距 L(cm)	3.2
微波施加器的大小(内直径×长度)	φ98mm×135mm
微波传输波导	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)	210
	500Hz
偏压	方波 180V _{p-p}

注:作为偏压施加装置,图 15(b)中所示的一个被使用。

表 19

参数 \ 隔离罐	500-a	500-b
生成膜的原料气体及其流量(sccm)	SiH ₄ 32 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 27 H ₂ 250 B ₂ H ₆ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)	8.5	7.5
微波功率(kw)	0.63x2	0.72x2
受限部分的内直径(cm)	φ10°	φ9°
间距 L(cm)	1.0	1.0
微波施加器的大小(内直径×长度)	φ95mm×125mm	φ85mm×120mm
微波传输波导	EIAJ,WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板表面温度(℃)	210	200
直流偏压	80V / 7.2A	90V / 7.8A

*) 在弯曲结构中提供一个衬底罩,用以精细控制要生成的膜的厚度

表 20(待续)

参数	半导体层	下部单元		
		500-a	500	500-b
生成膜的原材料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 31 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 122 GeH ₄ 98 H ₂ 120 SiF ₄ 5	SiH ₄ 26 H ₂ 250 BF ₃ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)		8.5	9.5	7.5
微波功率(kw)		0.62x2	0.58x2	0.72x2
被限部分的内直径(cm)		φ10"	φ22	φ9"
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		φ95mm×125mm	φ98mm×135mm	φ85mm×120mm
微波传输波导		EIAJ,WRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJ,WRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		260	250	240
偏压		DC,70V / 6A	DC,50V / 6.4A	DC,110V / 7.2A
传送速度		65 cm / 分		

*)在弯曲的结构中提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜之厚度

表 20(续)

参数	半导体层	上部单元		
		500-a'	500'	500-b'
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 29 H ₂ 95 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 230 H ₂ 75 SiF ₄ 7	SiH ₄ 23 H ₂ 220 BF ₃ /H ₂ 18 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		8.5	5.5	7.5
微波功率(kw)		0.65x2	0.62x2	0.72x2
被限部分的内直径(cm)		φ10"	φ22	φ9"
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 500a 的情况 相同	与 500 的情况 相同	与 500b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJWRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		240	230	230
偏压		DC,70V / 6A	500Hz 方波 170Vp-p	DC,110V / 7.1A
传送速度		65 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜的厚度。

表 21(待续)

参数	半导体层	下部单元		
		500-a	500	500-b
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 31 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 280 H ₂ 100 SiF ₄ 10	SiH ₄ 27 H ₂ 250 BF ₃ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)		8.5	5.5	7.5
微波功率(kw)		0.63x2	0.68x2	0.73x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ22	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		φ95mm×125mm	φ98mm×135mm	φ85mm×120mm
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJWRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		270	260	260
偏压		DC,70V / 6A	500KHz 正弦波 180Vp-p	DC,110V / 7.1A
传送速度		68 cm / 分		

*)在弯曲结构内提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜的厚度

表 21(续)

参数	半导体层	上部单元		
		500-a'	500'	500-b'
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 30 H ₂ 95 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 185 CH ₄ 30 H ₂ 400 SiF ₄ 10	SiH ₄ 24 H ₂ 220 BF ₃ /H ₂ 18 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		8.5	22	7.5
微波功率(kw)		0.63x2	1.2x2	0.73x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ22	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.0
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 500a 的情况 相同	与 500 的情况 相同	与 500b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJWRI-26
衬底腹板的表面温度(℃)		250	250	240
偏压		DC,70V / 6A	1MHz 脉冲 165Vp-p (参考电压-20V)	DC,110V / 7.2A
传送速度		68 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜的厚度

表 22(待续)

参数	半导体层	下部单元		
		500-a	500	500-b
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 32 H ₂ 100 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 135 GeH ₄ 110 H ₂ 150 SiF ₄ 5	SiH ₄ 26 H ₂ 250 BF ₃ /H ₂ 20 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 3
内部压力(mTorr)		8.5	10.5	7.5
微波功率(kw)		0.62x2	0.60x2	0.72x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ22.5	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.5	1.2
微波施加器的大小 (内直径×长度)		φ95mm×125mm	φ98mm×135mm	φ85mm×120mm
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ WRI-32	EIAJWRI-26
衬底腹板表面温度(℃)		280	280	270
偏压		1KHz 脉冲 180Vp-p (参考电压-20V)	DC,50V / 6.5A	DC,110V / 7A
传送速度		69 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜的厚度

表 22(续 1)

参数	半导体层	中部单元		
		500-a'	500'	500-b'
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 29 H ₂ 95 PH ₃ /H ₂ 5 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 260 H ₂ 90 SiF ₄ 8	SiH ₄ 23 H ₂ 220 BF ₃ /H ₂ 18 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		7.5	6.5	7.5
微波功率(kw)		0.63x2	0.68x2	0.72x2
被限部分的内直径(cm)		φ10°	φ22	φ9°
间距 L(cm)		1.0	3.5	1.0
微波发生器的大小 (内直径×长度)		与 500a 的情况 相同	与 500 的情况 相同	与 500b 的情况 相同
微波传输波导		EIAJWRI-26	EIAJ ERI-32	EIAJ ERI-26
衬底腹板表面温度(℃)		270	260	260
偏压		1KHz 脉冲 180Vp-p (参考电压-20V)	DC,80V / 6.9A	1MHz 正弦波 160Vp-p
传送速度		69 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜的厚度

表 22(续 2)

参数	半导体层	上部单元		
		500-a''	500''	500-b''
生成膜的原料气体及其流速(sccm)		SiH ₄ 28 H ₂ 90 PH ₃ /H ₂ 4 (用氢气稀释到 1%) SiF ₄ 3	SiH ₄ 190 CH ₄ 30 H ₂ 400 SiF ₄ 10	SiH ₄ 22 H ₂ 200 BF ₃ /H ₂ 16 (用氢气稀释到 3000ppm) SiF ₄ 2
内部压力(mTorr)		7.5	21	6.5
微波功率(kw)		0.63x2	1.2x2	0.67x2
被限部分的内直径(cm)		φ10"	φ19	φ9"
间距 L(cm)		1.0	3.2	1.2
微波施加器的大小 (内直径×长度)		与 500a 的情况	与 500 的情况	与 500b 的情况
微波传输波导		相同	相同	相同
衬底腹板的表面温度(℃)		EIAJ WRI-26	EIAJ WRI-26	EIAJ WRI-26
		250	250	240
偏压		250	1.5KHz	500Hz
		DC, 70V / 6A	方波	脉冲 140Vp-p
			190Vp-p	(参考电压 0V)
传送速度		69 cm / 分		

*)在弯曲结构中提供一个衬底罩用以精细地控制待生成的膜的厚度

图 1

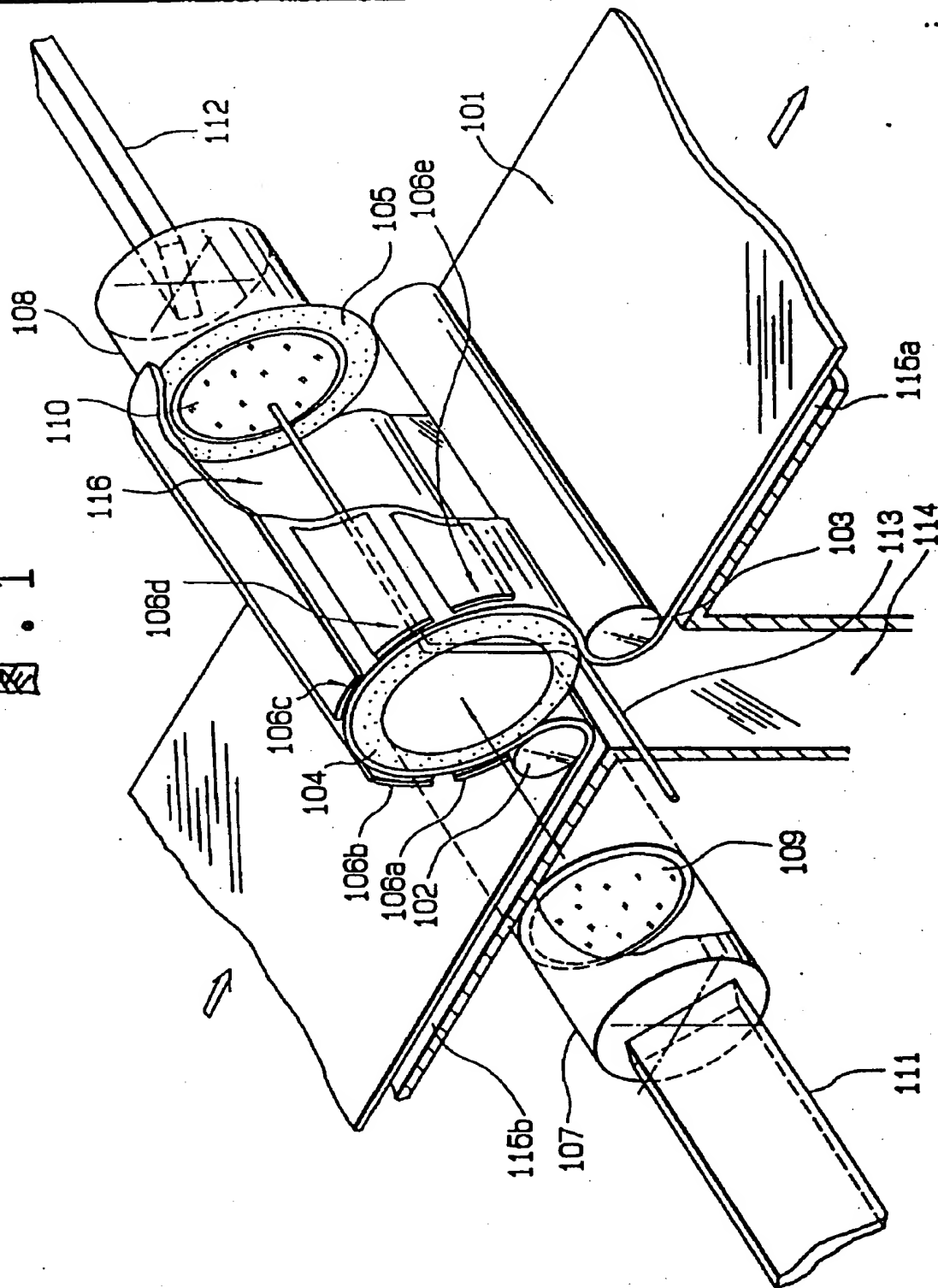
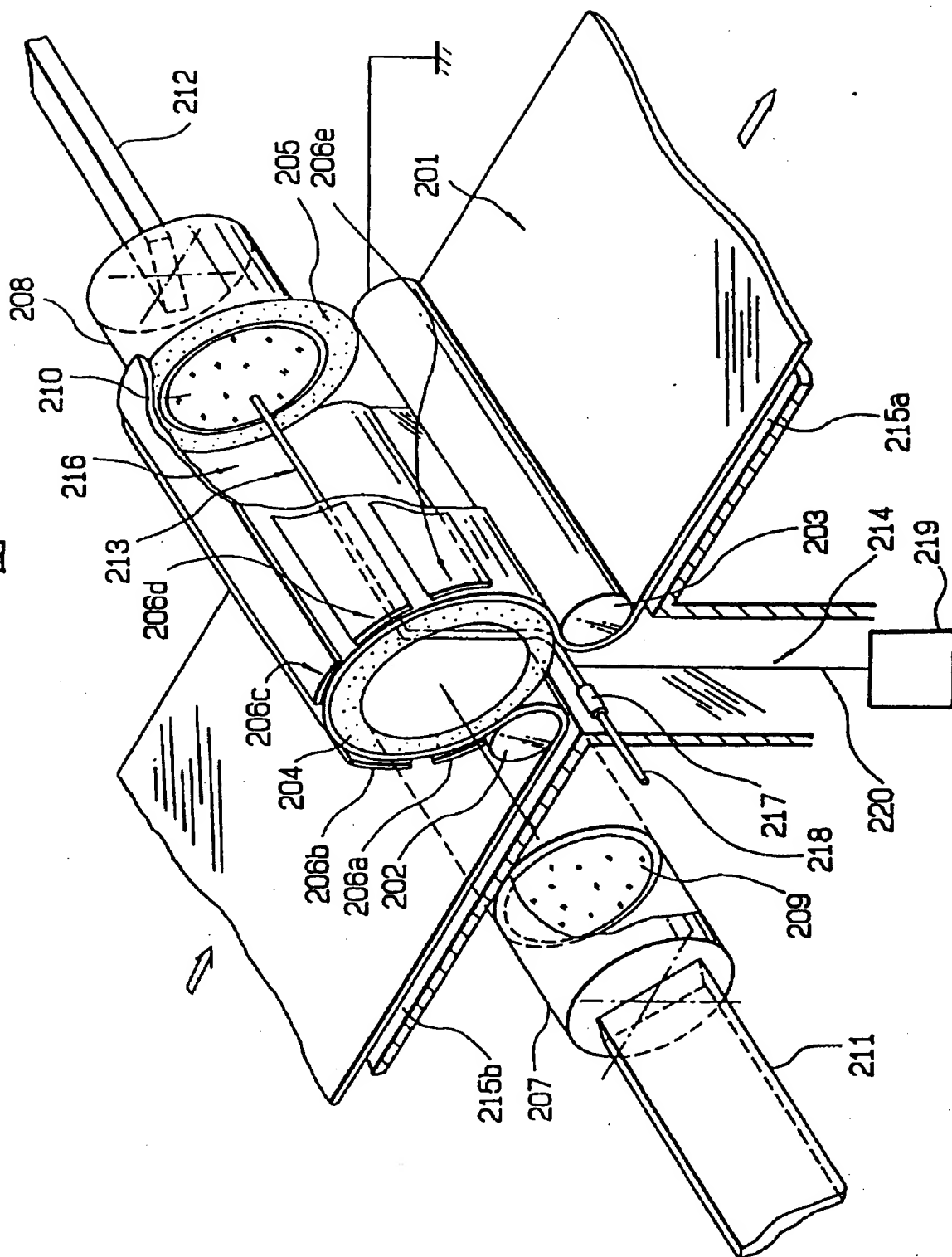


图 2



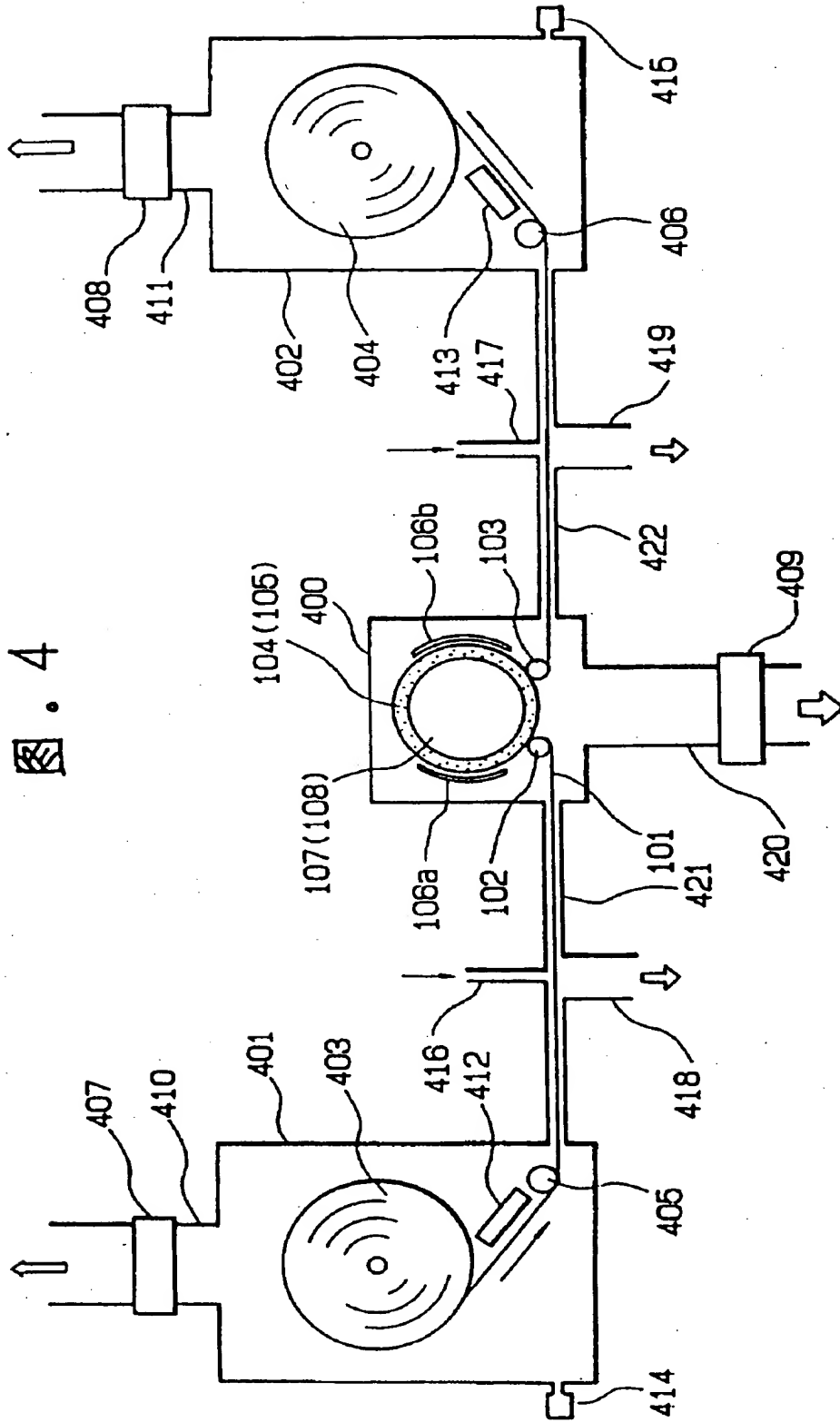
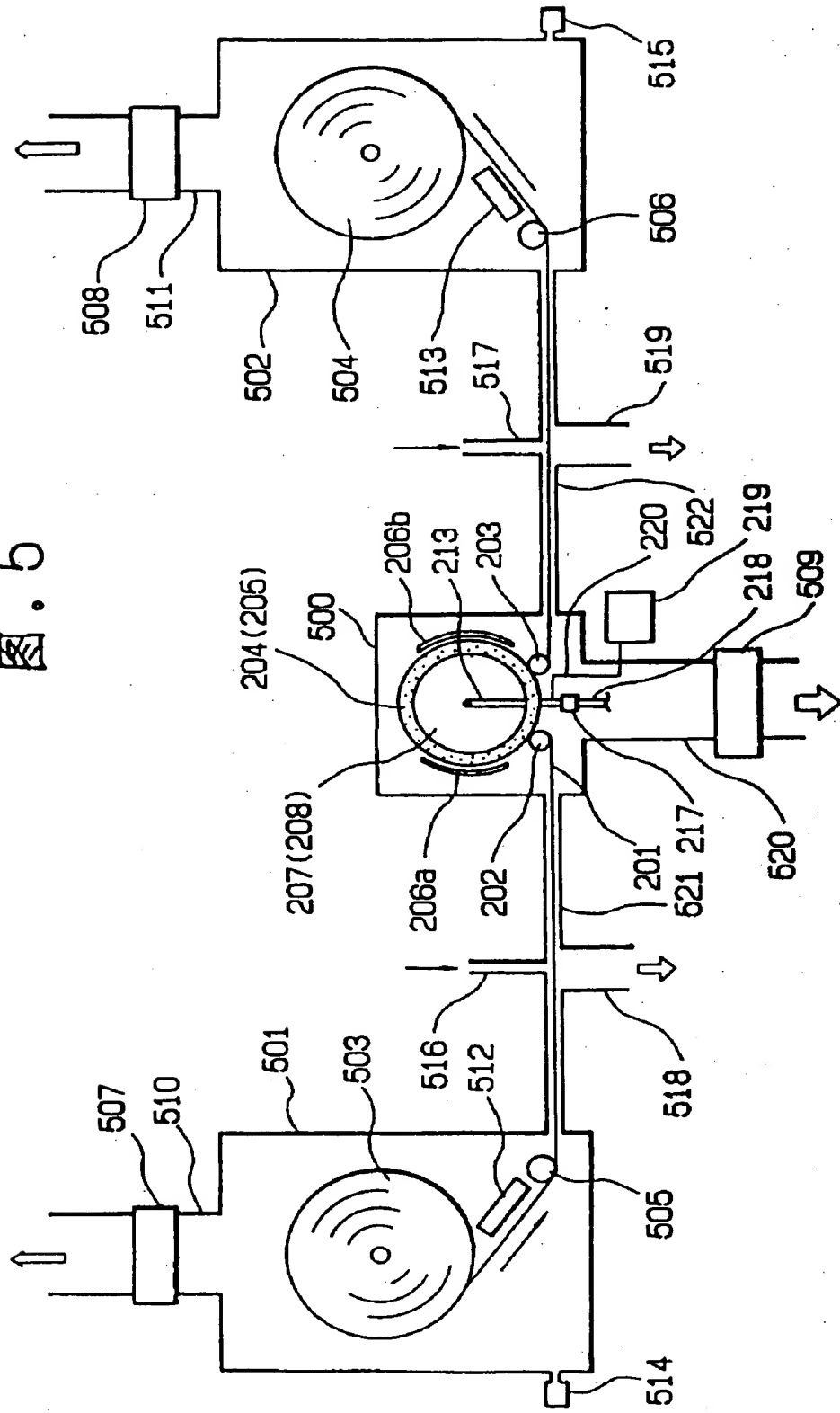


图. 4

图. 5



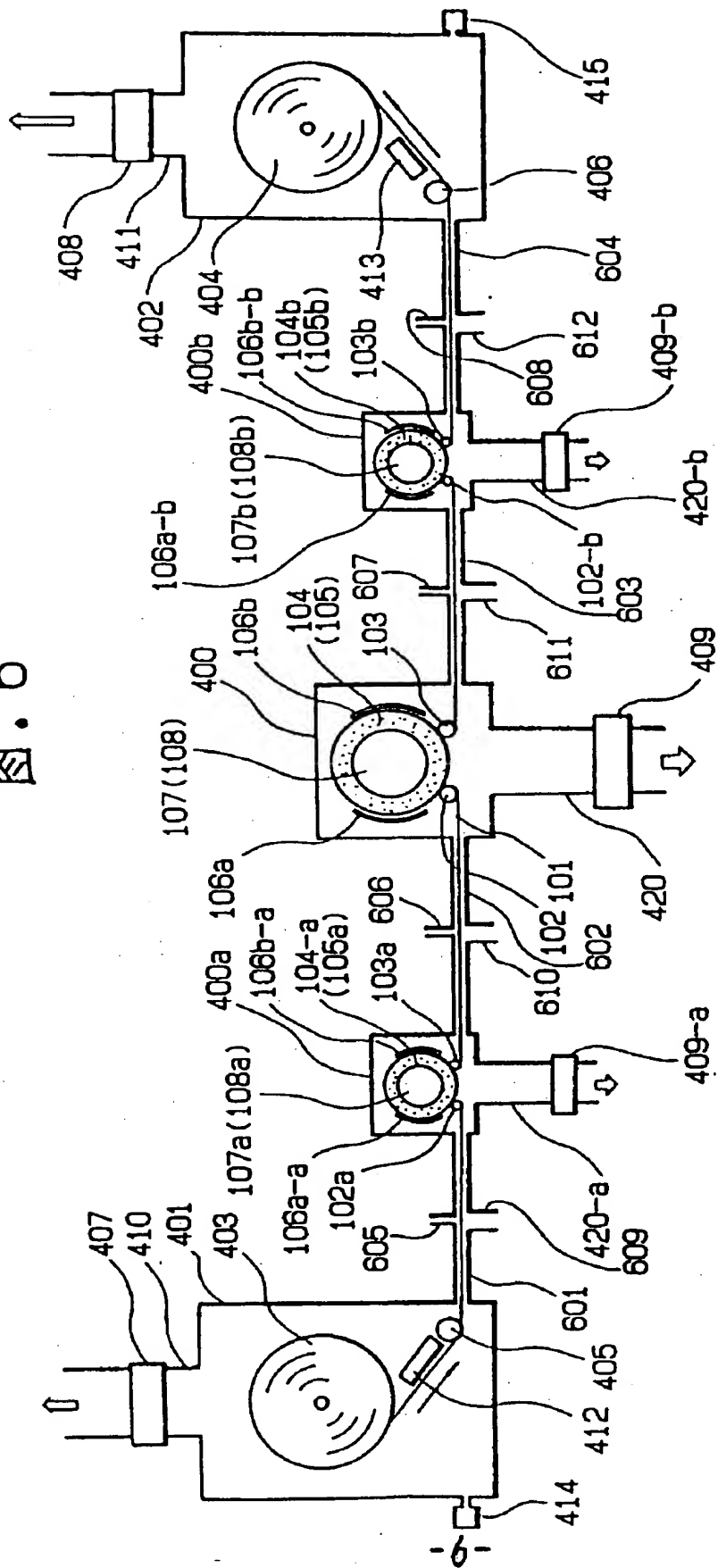


图. 8

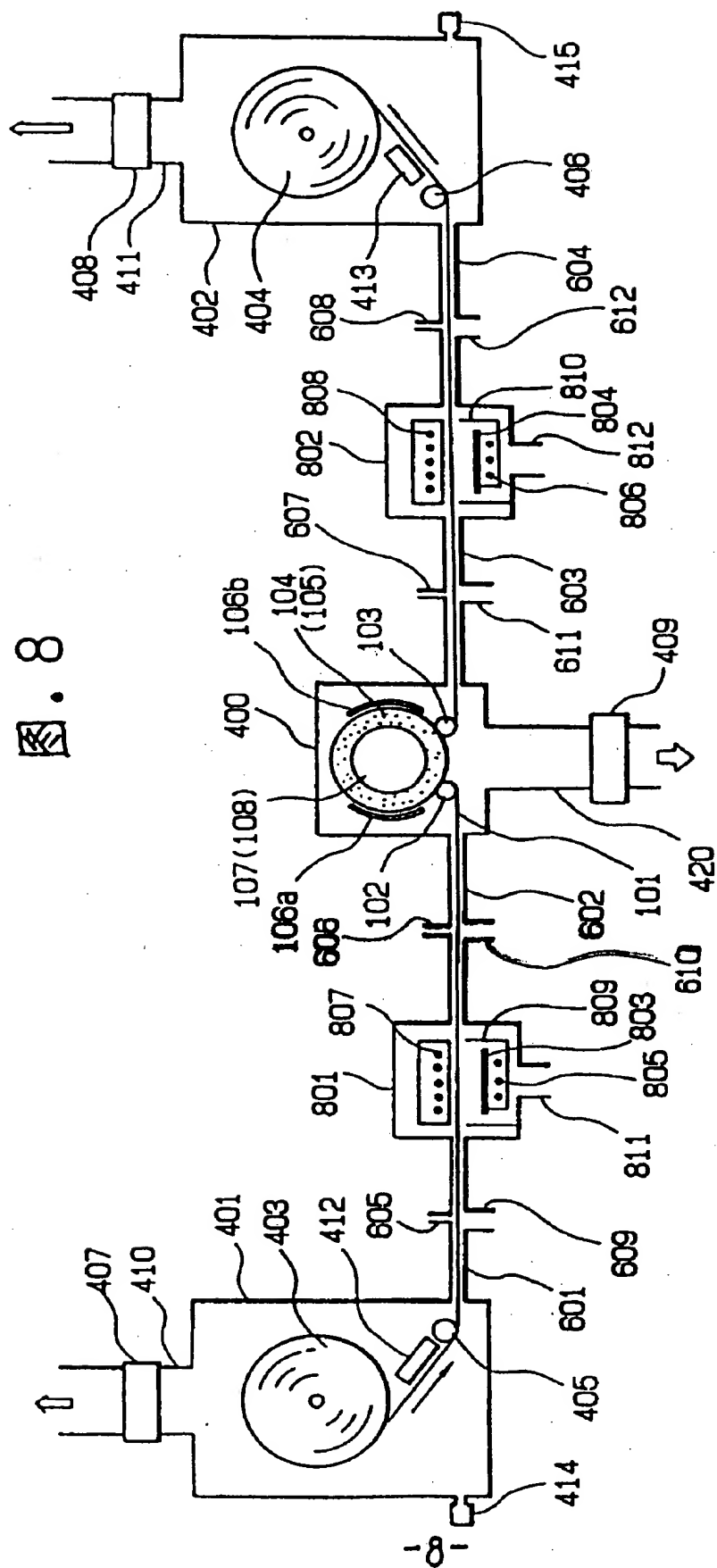


图. 9

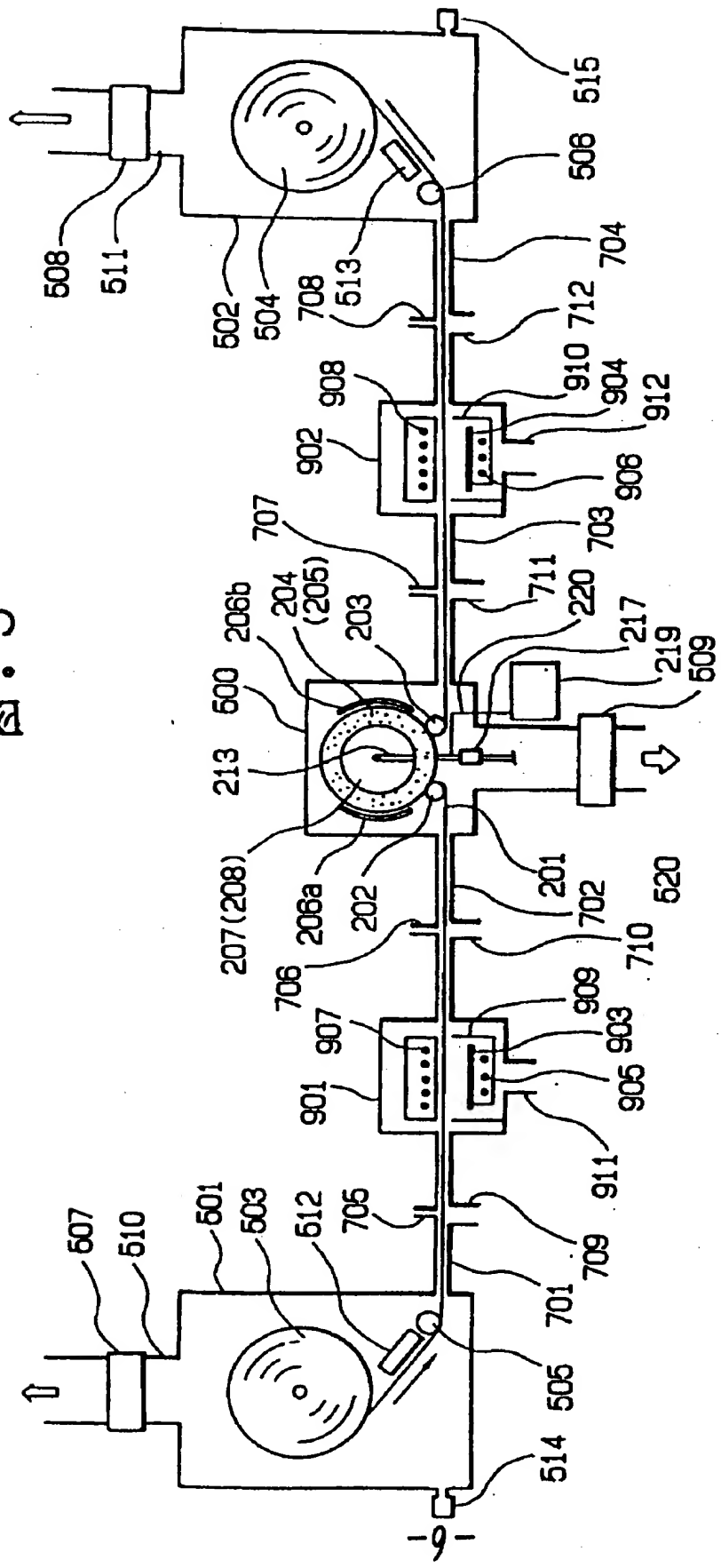


图. 10

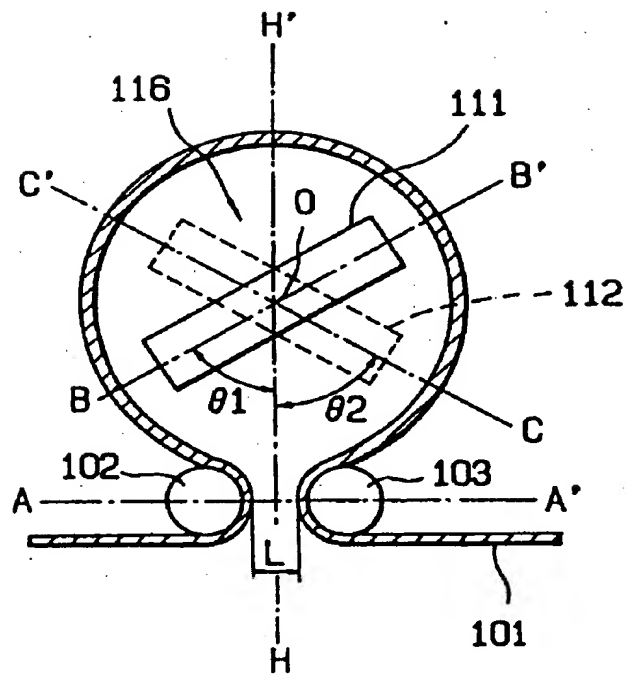


图. 11

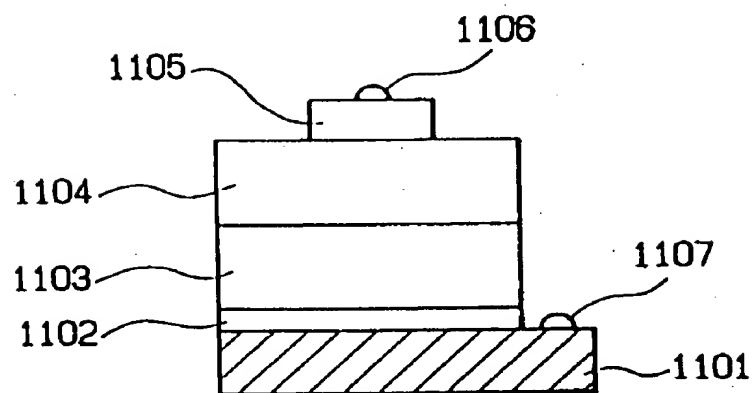


图. 12(a)

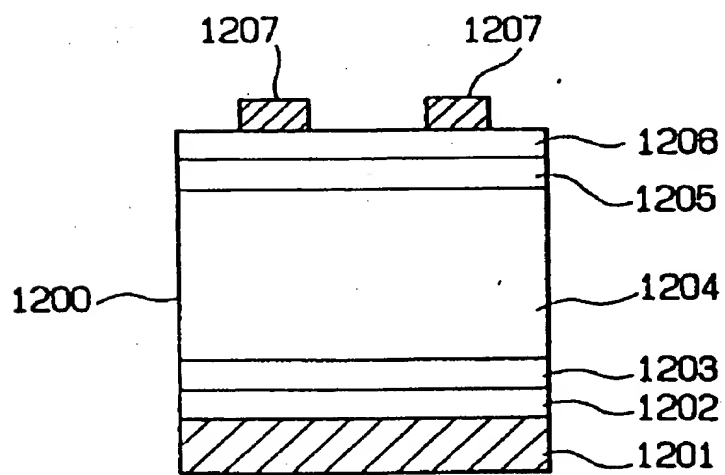


图. 12(b)

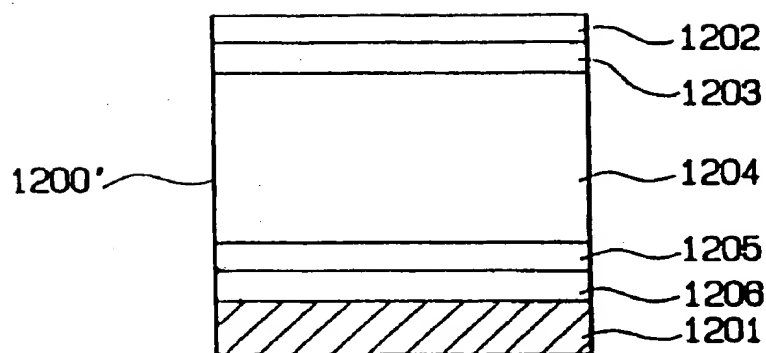


图. 12(c)

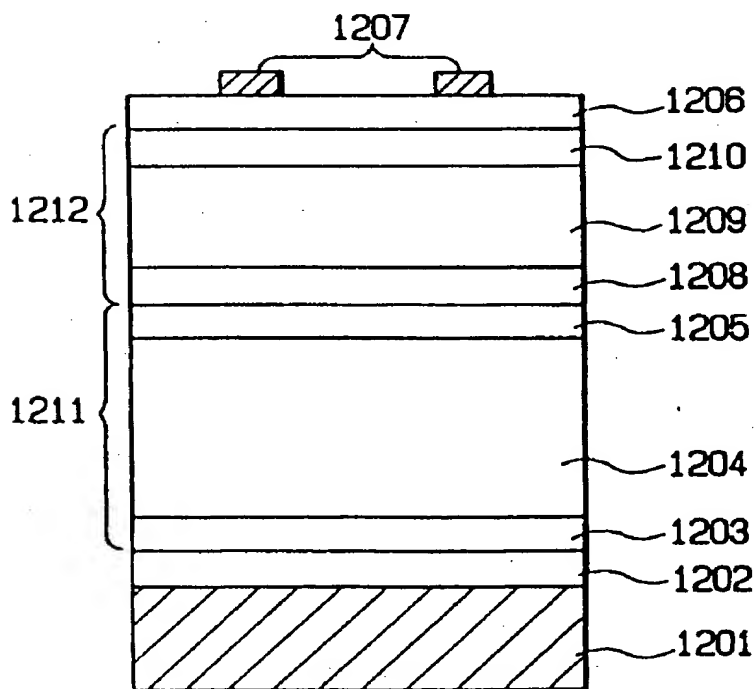


图. 12(d)

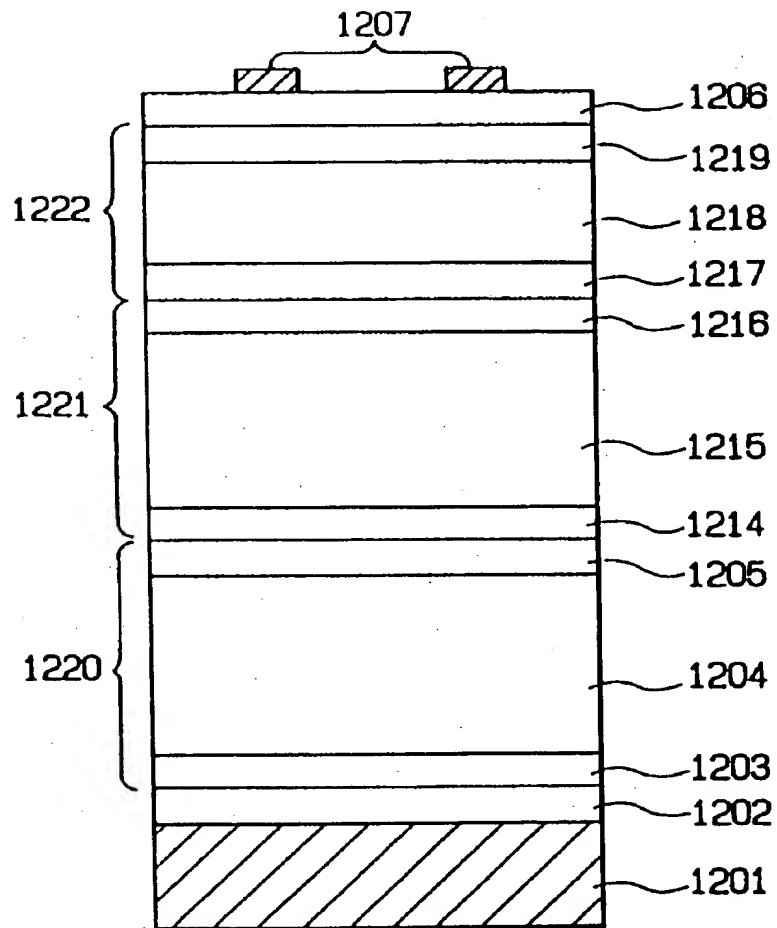


图. 13(a)

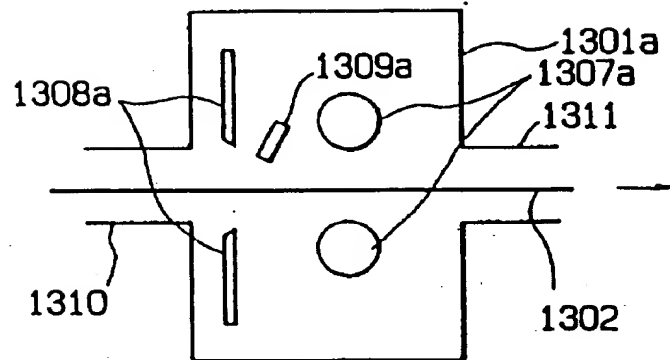


图. 13(b)

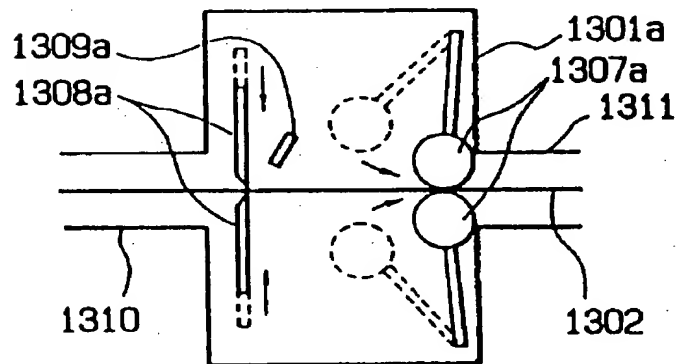


图. 13(c)

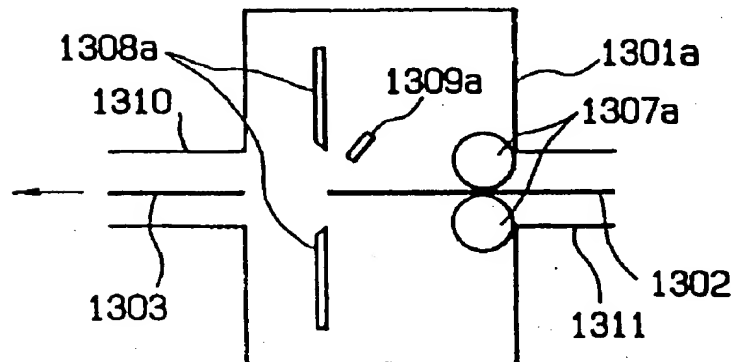


图. 13(d)

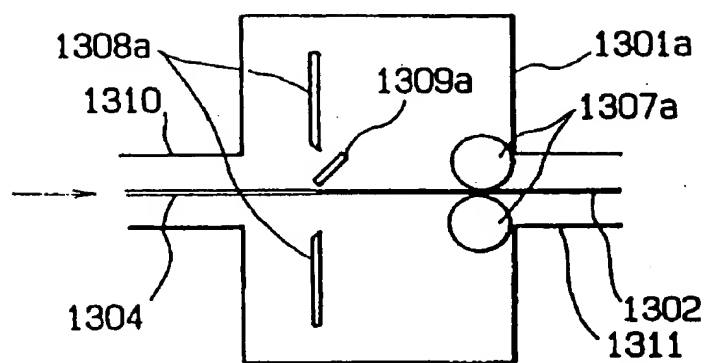


图. 13(e)

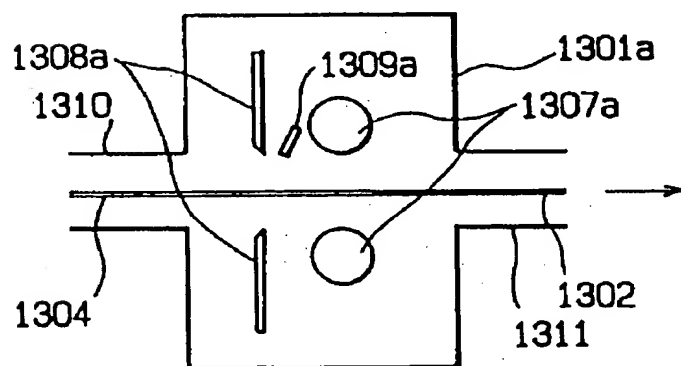


图. 13(f)

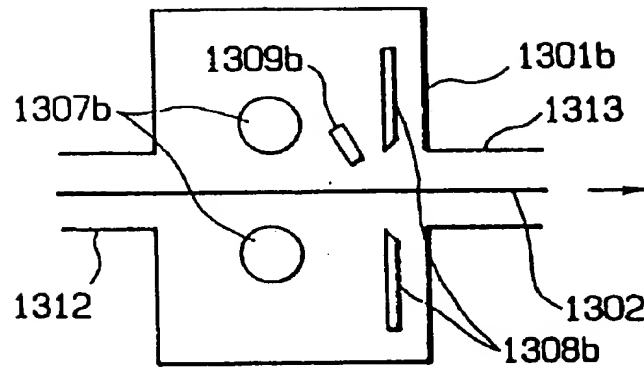


图. 13(g)

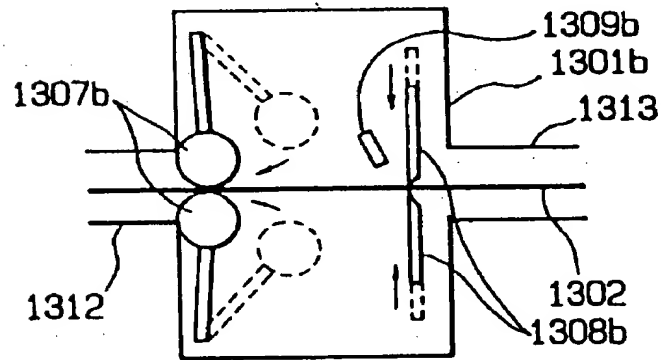


图. 13(h)

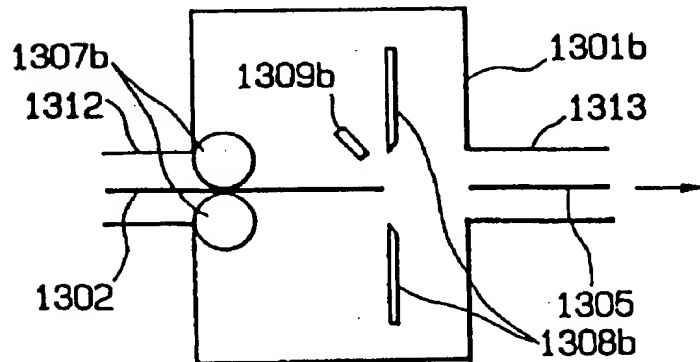


图. 13(i)

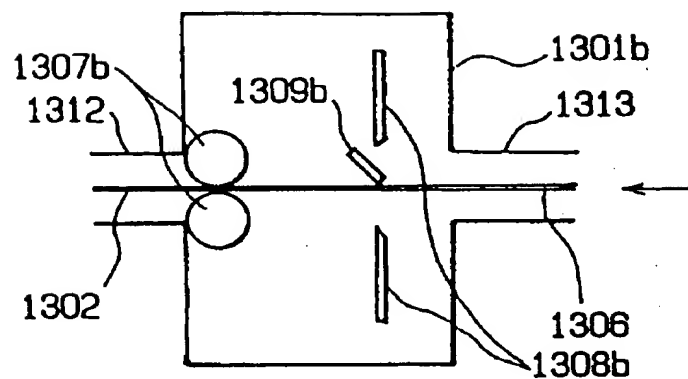


图. 13(j)

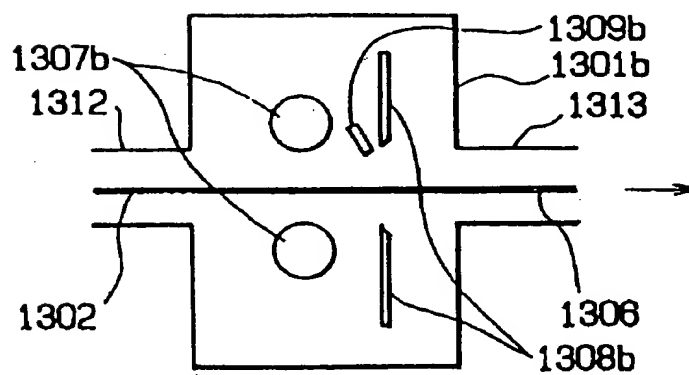


图. 14(a)

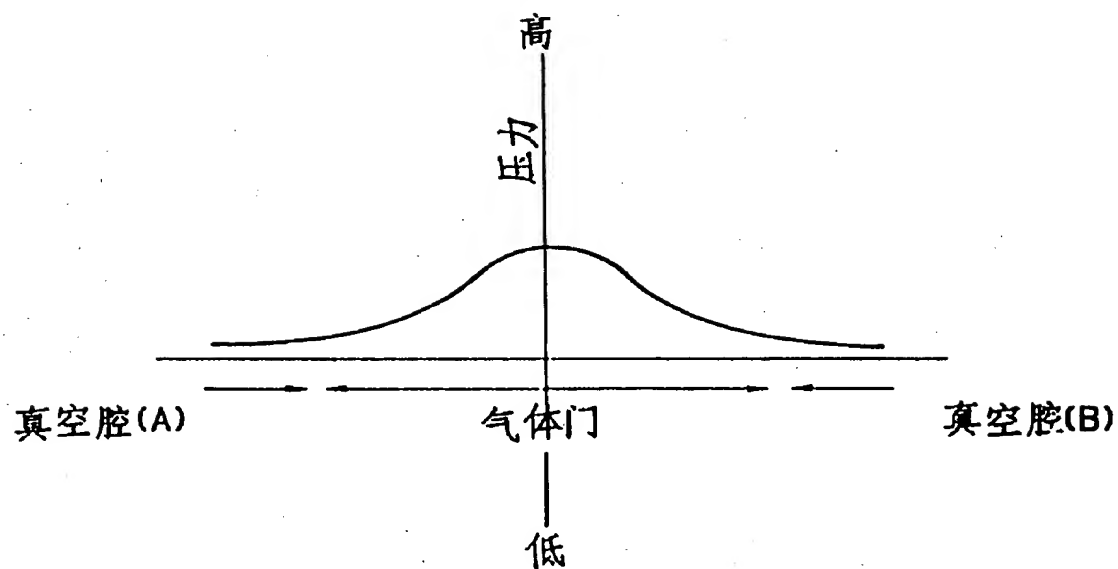


图. 14(b)

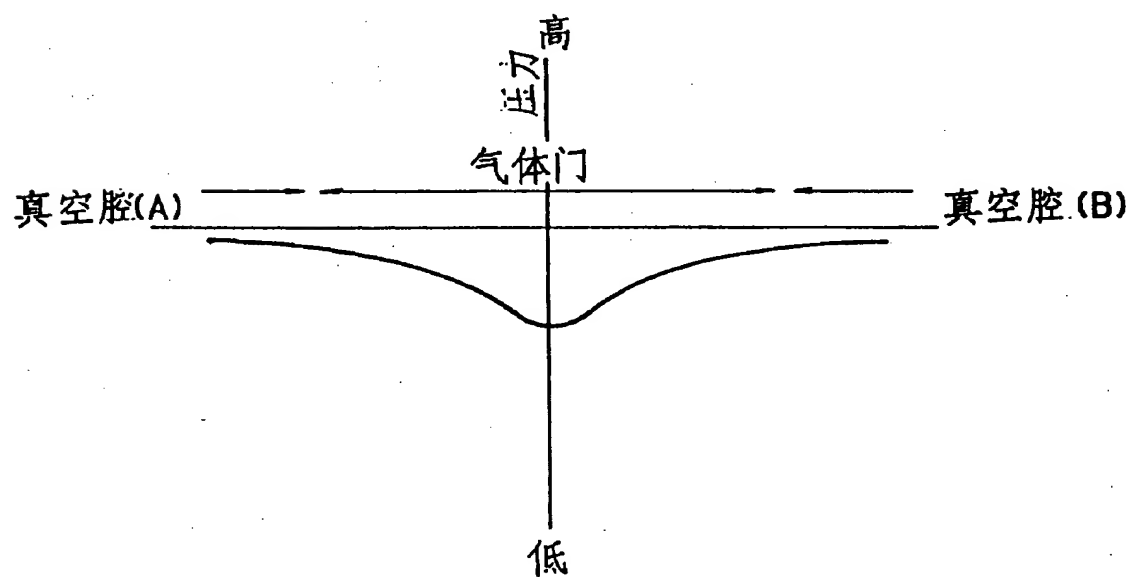


图. 15(a)

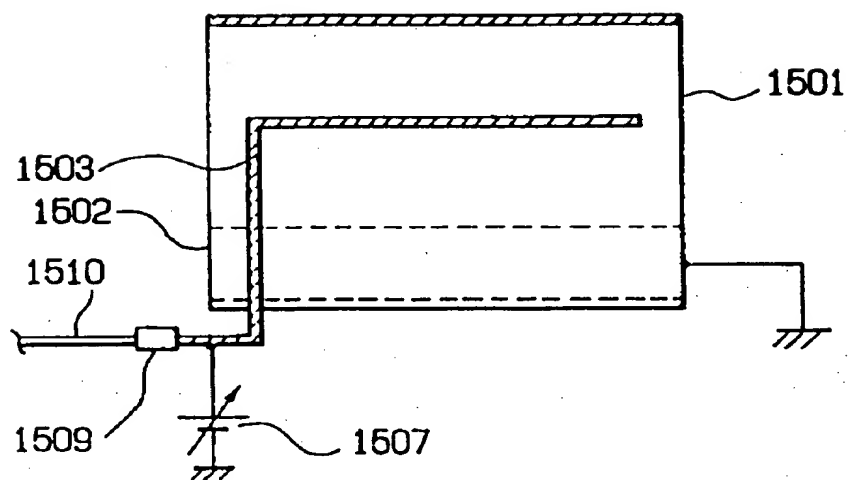


图. 15(b)

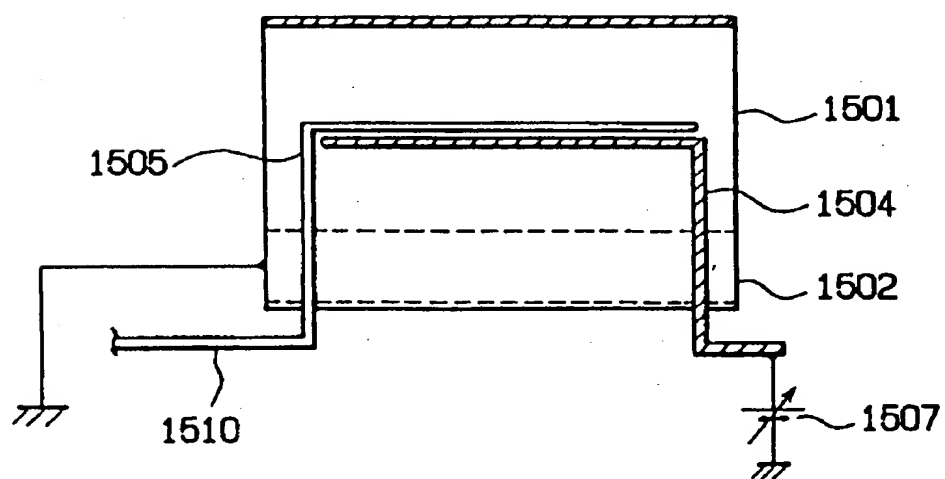


图. 15(c)

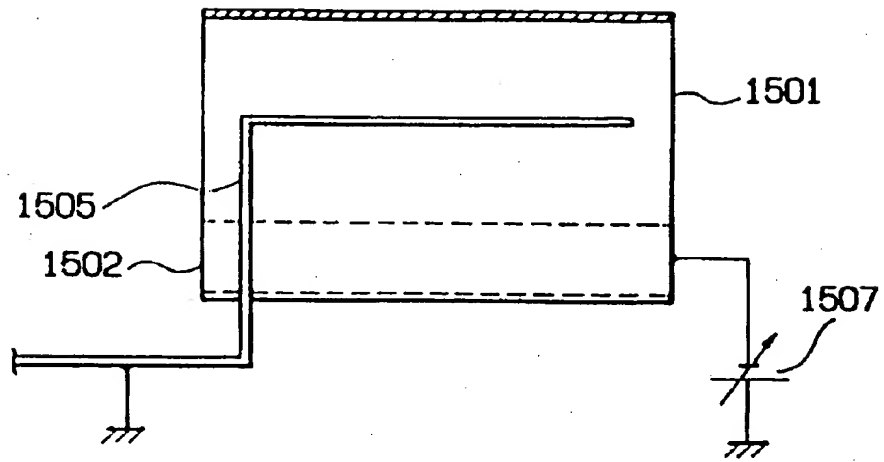


图. 15(d)

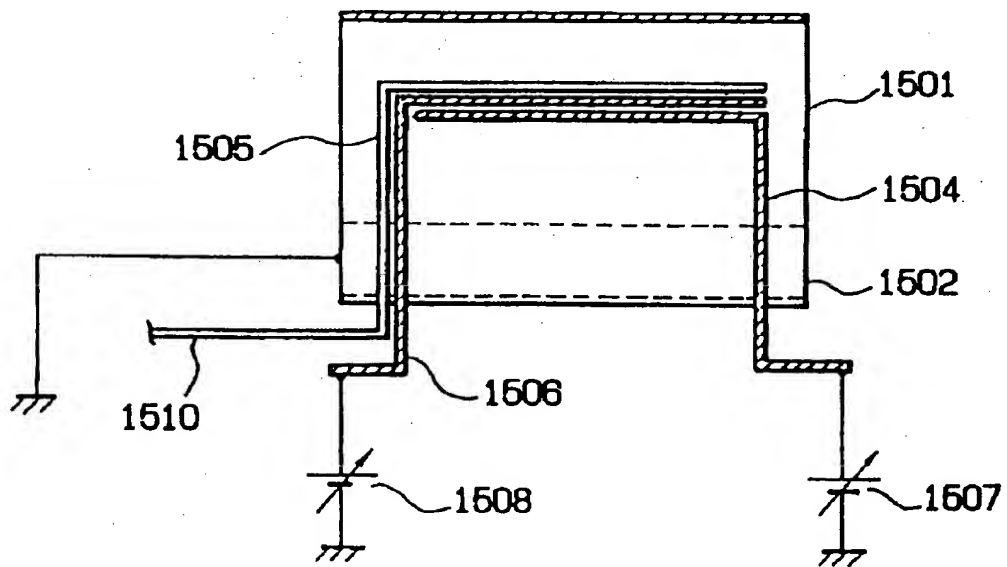


图 . 16

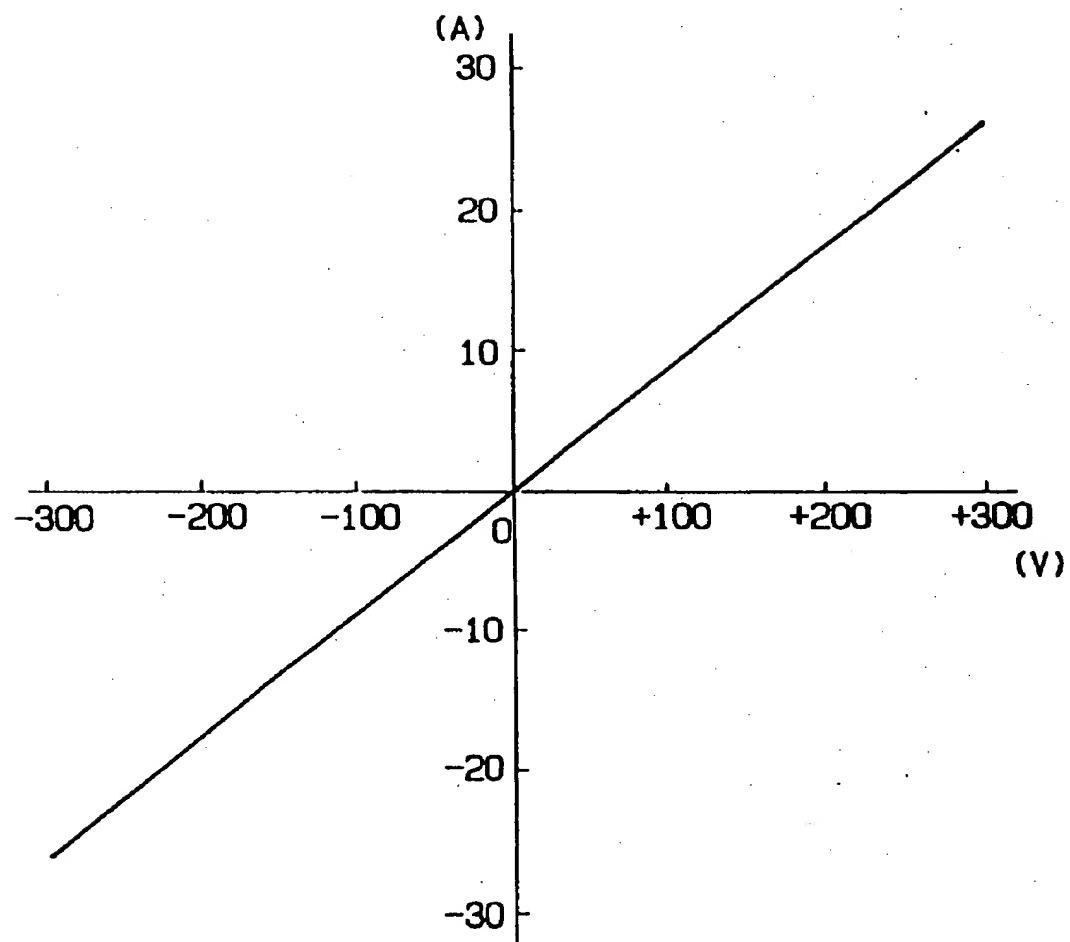


图. 17

